


TRIANGLE
BOOKBINDING
DETROIT
MICH.
COMPANY

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

VIERTER BAND.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

Herausgegeben

von

Dr. W. KÜHNE,
O. Ö. Professor der Physiologie und
Director des physiologischen Instituts.

VIERTER BAND.

Mit 13 Holzschnitten und 5 lithographirten Tafeln.

———)*(———

HEIDELBERG.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

1881.

1881

Ueber den Modus der Nervenverbreitung im electrischen Organ von Torpedo und die Bedeutung desselben für die Physiologie der Entladung des Organs.

Von

Dr. **August Ewald.**

In seiner Abhandlung über das Verhalten des Muskels zum Nerven hat *Kühne*[1]), gestützt auf erneute genaue Untersuchungen der verschiedenen Formen der Nervenendigung in den quergestreiften Muskeln, eine neue Entladungshypothese aufgestellt und dieselbe auch auf die electrischen Organe der Fische ausgedehnt. Ich benutzte einen Aufenthalt in Neapel dazu, um zu untersuchen, ob die histologischen Verhältnisse der Nervenverbreitung und Nervenendigung in den electrischen Organen von Torpedo den dieser Hypothese nach physiologisch geforderten Verhältnissen entsprächen.

Es kam mir dabei weniger darauf an, die feinsten Details der Nervenendigung, die ja in der letzten Zeit vielfach Gegenstand genauerer Untersuchungen, wie von *Boll*, *Ciaccio* und *Ranvier*, gewesen sind, zu untersuchen, als vielmehr den Modus der Verästelung der Nerven in der electrischen Endplatte, sowie den Verlauf der zutretenden Nervenfasern einer genaueren Prüfung zu unterwerfen.

---

[1]) *W. Kühne,* Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven. Untersuchungen aus dem Physiolog. Institute der Universität Heidelberg. Bd. III. p. 1—148.

Zu diesem Zwecke mußte ich natürlich ein möglichst großes Beobachtungsmaterial zur Hand haben, mußte möglichst viele vollkommen unversehrt isolirte Platten durchmustern können, und zwar Platten, an denen die Nervenendigung über die ganze Fläche der Platte in voller Klarheit übersehen werden konnte. So Vorzügliches die von *Boll, Ciaccio* und *Ranvier* angegebenen Methoden auch leisten, um die feinsten Details der Nervenendplatte zu untersuchen, so reichten sie für meinen Zweck doch nicht aus, da es mir nicht gelang, damit vollkommen unversehrte und zugleich vollkommen isolirte Platten zu erhalten, deren Nervenendplatte über die ganze, oder wenigstens den größten Theil der Fläche, in gleich scharfer, dem normalen Verhalten entsprechender Zeichnung erhalten war.

Ich suchte deßhalb vor Allem nach Methoden, die eine Isolirung der ganzen Plättchen ergaben, d. h. das die Säulchen umgebende und die einzelnen Plättchen trennende Bindegewebe in Lösung überführten, ohne die Structur des restirenden Plattenantheils zu stark zu alteriren. Als ausgezeichnetes Mittel hierfür erwies sich die von *Kleinenberg* angegebene Pikrinschwefelsäure[1]). Man legt Stückchen des lebensfrischen electrischen Organes von etwa 1—2 Cub.-Ctm. 24 Stunden in etwa 20 Cub.-Ctm. der Flüssigkeit und kann hierauf durch kräftiges Schütteln das ganze Stückchen in die, die Säulchen aufbauenden Plättchen zerlegen. Zuerst trennen sich die Säulchen von einander und erst dann tritt der Zerfall in Plättchen ein. Dieser letzte Punkt ist von Bedeutung, da es, wie sich später ergeben wird, mitunter nothwendig ist, eine größere Anzahl über einander liegender Platten mit einander zu vergleichen, und man dadurch leicht die

---

[1]) *Foster* und *Balfour*, Grundzüge der Entwicklungsgeschichte der Thiere. Deutsch von *Kleinenberg*. pag. 245. — *Paul Mayer*, Ueber die in der zoologischen Station zu Neapel gebräuchlichen Methoden. Mittheil. aus der Zoolog. Station zu Neapel. Bd. II. Heft 1. pag. 2.

sämmtlichen zu einer Säule gehörigen Plättchen für sich durch Schütteln isoliren kann. Die so isolirten Plättchen werden entweder durch Waschen mit Wasser oder, was viel schneller geht, mit 70pCt. Alkohol von der Pikrinschwefelsäure befreit und in Alkohol für spätere Tinctionen conservirt. Letzteres kann geschehen mit wäßriger oder alkoholischer Hämatoxylintinktur (*Kleinenberg*)[1]), mit Pikrokarmin, oder mit Bismarckbraun in wäßriger oder alkoholischer Lösung. Nachträgliche Vergoldung, Versilberung oder Osmiumfärbung gelang mir nicht. Es waren deßhalb die so isolirten Plättchen nicht geeignet zum Studium der feinsten Nervenendigung der eigentlichen electrischen Endplatte, sie konnten aber sehr gut dazu dienen, über den Modus der Verästelung und über die Verbreitungsgebiete der gröberen Nervenverzweigung Aufschlüsse zu geben.

Eine zweite Methode zur Isolation, die eine noch vielseitigere Verwendung zuläßt, beruht auf der Anwendung des von *Ranvier* eingeführten sogenannten Drittel-Alkohols (1 Theil Alkohol auf 2 Theile Wasser), dem aber so viel Säure zugesetzt werden muß, daß das Bindegewebe davon gelöst wird. Ich möchte hier darauf aufmerksam machen, daß die Bindegewebsfibrillen der Fische chemisch sich nicht genau so verhalten wie diejenigen der übrigen Wirbelthiere, indem das Fischcollagen sehr viel leichter durch Säuren schon in der Kälte in Leim umgewandelt, also in Lösung gebracht werden kann, als das gewöhnliche Collagen. Hierauf beruht der so leichte Zerfall bei dieser Methode. Man legt kleine Stücke des Organs von 1—2 Cub.-Ctm. Größe in etwa 30 Cub.-Ctm. Drittel-Alkohols, dem 4—5 Tropfen Salzsäure, Essigsäure oder Ameisensäure zugesetzt sind. (Genauere Concentrationsangaben kann ich nicht geben, da ich die Concentrationen der auf der zoologischen Station zu Neapel befindlichen Säuren nicht er-

[1]) *Paul Mayer*, loc. cit. pag. 13.

mitteln konnte. Sie waren als concentrirte Säuren bezeichnet.) Nach etwa einer halben Stunde beginnt die Auflockerung des Bindegewebes und nach einstündiger Einwirkung ist durch Schütteln vollständige Isolation zu erreichen. Sollte der Zerfall noch nicht eintreten, so kann man durch Zusatz einiger weiterer Tropfen Säure denselben leicht erreichen.

Vorherige Behandlung des electrischen Organes mit Osmiumsäure, z. B. Anwendung der von *Ranvier* empfohlenen interstitiellen Injection, macht das Bindegewebe für das obige Gemisch unlöslich, dagegen ist sehr gut noch eine Färbung mit Osmiumsäure nach der Isolation möglich, die, wenn auch nicht die allerfeinste Endverästelung, so doch die Verzweigung der Nervenfasern bis zum Eintritt der feinsten hirschgeweihförmigen Verästelungen in die eigentliche Endplatte mit ausgezeichneter Schärfe zur Darstellung bringt. Es sind jedoch dabei einige Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Ist die Isolation durch Schütteln beendigt, so läßt man die Plättchen absetzen und gießt die darüberstehende Flüssigkeit ab. Zu dem Rest von Flüssigkeit mit den darin suspendirten Plättchen gießt man 1 pCt. Osmiumsäure und zwar etwa $^1/_3$ Vol. des restirenden Flüssigkeitsquantums. Im Anfange zeigt sich nur eine sehr schwache Bräunung der Plättchen, aber bald tritt ein Stadium ein, wo sich rasch eine starke Schwarzfärbung der Plättchen entwickelt, mit gleichzeitiger Bildung eines schwarzen Niederschlages in der Flüssigkeit. Letzterer schadet nichts, nur muß verhütet werden, daß sich derselbe auf die Plättchen niederschlägt. Es ist dies leicht zu vermeiden durch häufiges kräftiges Schütteln während der Periode der intensiven Schwarzfärbung. Die so behandelten Plättchen werden durch mehrmaliges Waschen mit Drittel-Alkohol von der Säure befreit und können dann leicht allmählig in stärkeren, zuletzt absoluten Alkohol übergeführt werden, wodurch späterer Einschluß in Canadabalsam ermöglicht wird. Durch nachträgliches Färben dieser Präparate mit *Kleinen-*

berg's Hämatoxylintinktur gewinnen die Bilder noch wesentlich an Deutlichkeit. Selbstverständlich können die isolirten Platten auch ohne Osmiumbehandlung nach gründlicher Auswaschung der Säure mit allen möglichen Tinctionsmitteln behandelt werden, wofür ich hauptsächlich Hämatoxylin und Bismarckbraun empfehlen möchte. Der Hauptwerth dieser Isolationsmethode liegt darin, daß sie combinirt werden kann mit der Imprägnation mit Argentum nitricum und dadurch isolirte Plättchen liefert, an denen die eigentliche electrische Endplatte selbst in voller Deutlichkeit beobachtet werden kann.

Die Versilberungsmethode, die von *Ranvier* für das electrische Organ empfohlen wurde, mit Benutzung des Höllensteinstiftes, gibt zwar sehr gute Stellen in den Präparaten, aber selten ist die Zeichnung der Endplatte über größere Strecken eines Plättchens oder gar über ein ganzes Plättchen gleichmäßig gut; auch ist die Isolation schwierig und zeitraubend. Ich dachte deßhalb, mit interstitieller Injection von Argent. nitr. in 1 procentiger Lösung weiter zu kommen. Ich legte solche Stückchen, die von der Injection getroffen waren, in mit Ameisensäure angesäuerten Drittel-Alkohol und brachte sie sogleich an die Sonne, an der sehr schnell eine Bräunung einzelner Stellen erfolgte. Es wurde von Zeit zu Zeit geschüttelt und nach $^{1}/_{2}$—1 Stunde war der Zerfall in Plättchen vollendet. Es waren aber leider nur sehr wenige Plättchen durchgefärbt; fast alle zeigten nur einen braunen Rand. Der Grund davon ist der, daß die Silberlösung, wie überhaupt Injectionsmassen, nur in die Räume zwischen die Säulchen eindringt und nicht zwischen die sie aufbauenden Plättchen. Lymphräume scheinen also nur zwischen den Säulchen, nicht aber zwischen den einzelnen electrischen Platten vorzukommen, wie mir auch bei keinem Silberbild eine dahin zu deutende Endothelzeichnung auf den Plättchen zu Gesicht kam. Nur diejenigen Platten zeigten eine ausgedehntere Imprägnation mit der Silberlösung, die

von der Kanülenspitze durchstochen waren. Unter diesen waren freilich ausgezeichnete Exemplare. Da es mir jedoch darauf ankam, eine große Anzahl von Präparaten vergleichen zu können, so mußte ich die Methode verlassen und gelangte schließlich zu folgendem Verfahren, mit Hülfe dessen es möglich, in kurzer Zeit so viel versilberte Platten zu gewinnen als man irgend wünschen kann. Die Oberfläche des Organes wird mit flachen Schnitten einer feinen auf die Fläche gebogenen Scheere von der Haut entblößt und darauf die freie Oberfläche mit einem großen feinen Malerpinsel mit einer 1 procentigen Lösung von Argent. nitric. angestrichen. Sobald die Oberfläche des vorher sehr durchsichtigen Organes opak geworden, wird dieselbe mit flachen Scheerenschnitten abgetragen, und werden die abgetragenen Theile in das Ameisensäure-Alkoholgemisch gebracht. Die so gewonnene frische Oberfläche wird wieder mit Silberlösung angepinselt, wieder abgetragen und so fort. Man kann auf diese Weise fast das ganze Organ aufarbeiten und in die Isolationsflüssigkeit bringen. Dieselbe wird dann an der Sonne geschüttelt, bis der Zerfall in Plättchen erfolgt. Bei gutem Sonnenlicht, an dem ja in Italien selten Mangel ist, ist meistens dann auch die Reduction vollendet, und es zeigt sich ein großer Procentsatz der isolirten Platten auf's Schönste versilbert. Man läßt dann die Plättchen absetzen, wäscht erst mit verdünntem, dann mit starkem Alkohol aus, und kann dies so erhaltene Material beliebig lange in absolutem Alkohol conserviren, was von Bedeutung ist, da man meistens nur kurze Zeit zum Arbeiten am Meere zur Verfügung hat und darauf angewiesen ist, an mitgenommenem Materiale zu Hause die Untersuchungen zu controliren und zu vervollständigen.

Da die Silberbilder für meine Zwecke ausreichten, so verwendete ich keine große Zeit auf die Herstellung von Goldpräparaten; ich kann jedoch bestätigen, daß man durch die von

Ranvier empfohlene Anwendung von Goldchlorid nach vorhergegangener interstitieller Injection von Osmiumsäure recht gute Bilder erhält. Solche Platten aber, bei denen der richtige Grad von Osmiumwirkung für das Eintreffen einer guten Goldwirkung gerade getroffen ist, sind sehr selten und die Isolation ist äußerst mühsam.

Mit der von *Boll* und *Ciaccio* empfohlenen, von mir auch früher für die motorischen Endplatten der Muskeln angewandten, combinirten Silber-Goldbehandlung erhielt ich meistens die gleichen negativen Bilder wie bei einfacher Versilberung, nur war an Stelle des braunen Farbentones ein tief dunkelvioletter getreten. Traten dabei positive Goldbilder auf, so schien dies nur an solchen Stellen zu sein, an denen das Silber nicht eingewirkt hatte.

Sehr gute Präparate gab noch folgende auch von *Ranvier* ausgebildete Methode. Man macht eine interstitielle Injection von 1 pCt. Osmiumsäure und bringt die injicirten Stücke in eine Ammoniumbichromatlösung von 2 pCt., in der sie Wochen und Monate aufgehoben werden können. Werden dann electrische Plättchen von der Grenze des von der Osmiumsäure erreichten Theiles des Organes isolirt und mit Hämatoxylin tingirt, so erhält man Präparate, die selbst in Canadabalsam noch sehr gut die letzten feinsten Verästelungen der eigentlichen Endplatte zeigen.

Mit Hülfe dieser verschiedenen Methoden ist es leicht, einerseits über die gröbere Verbreitung der Nervenfasern, andererseits über die Form der eigentlichen electrischen Endplatten in's Klare zu kommen. Für die gröberen Verhältnisse wurden hauptsächlich die Osmiumsäurepräparate, für die feineren die Silberbilder als geeignet befunden.

Kühne ging bei Aufstellung seiner neuen Entladungshypothese von der Beobachtung *Bernstein*'s aus, daß der Strom des ruhenden Nerven beim Reiz sehr plötzlich abnimmt, d. h. als

Curve gezeichnet entweder senkrecht, oder jedenfalls sehr steil abfällt, und zwar entweder die Nulllinie erreicht oder sogar negativ werden kann, daß also in zwei sehr nahe hintereinander liegenden Stellen eines gereizten Nerven verschiedene Electricitätsgrößen, im günstigsten Falle sogar entgegengesetzte Electricitäten vorhanden sein können. Er hat darauf die Formen der motorischen Endplatten einer genauen Prüfung unterworfen und gefunden, daß sich dieselben beim Frosch, Salamander und Triton auf das sehr einfache Schema ═╛ zurückführen lassen, bei welchem die Endigung nur aus zwei untereinander und der Längsaxe der Muskelfaser parallel verlaufenden Fasern besteht, von denen die eine einen um die Entfernung der beiden Fasern längeren Weg zu durchlaufen hat. Die negative Schwankung wird daher in der unteren längeren Faser etwas später ablaufen, durch welchen Phasenunterschied electrische Spannungsdifferenzen zwischen oberer und unterer Faser stattfinden müssen, im günstigsten Falle von zwei einander gegenüberstehenden Punkten der beiden Fasern der eine +, der andere — electrisch sein wird. Da diese beiden Endfasern sehr nahe liegen, so muß ein Ausgleich der entgegengesetzten Electricitäten stattfinden, durch welchen Ausgleich die dazwischen liegende Muskelsubstanz gereizt wird.

Auf ähnliche einfache Verhältnisse wurden auch die complicirter gebauten Endplatten der Reptilien und der höheren Wirbelthiere zurückgeführt und gezeigt, daß dort eher noch günstigere Bedingungen vorliegen, indem sich die Plattenenden oft durch hakenförmige Umbiegungen einander nähern, wodurch sowohl Phasendifferenzen geschaffen werden können, als auch durch Annäherung der letzten Enden der Ausgleich der verschiedenen Electricitäten noch erleichtert wird. Am gleichen Orte wurde auch schon darauf hingewiesen, daß kein Grund vorliege, nicht auch die reich verästelten Endplatten der electrischen Organe von Torpedo in ähnlicher Weise aufzufassen.

Durch meine Beobachtungen an Gold-, Silber- und Osmiumsäurepräparaten kann ich nur bestätigen, daß sich die Verästelungsweise der electrischen Endplatte von Torpedo im Vergleiche mit den motorischen Endplatten der Reptilien und höheren Wirbelthiere auf dieselben Principien zurückführen läßt. (Vergleiche auch die Abbildungen bei *Ranvier* und *Ciaccio.*) Auch hier begegnet man bei der freilich ungleich feiner und reicher verästelten Endplatte den hakenförmig einander zugewendeten letzten Plattenenden, und würde sich die von *Boll*[1]), *Ranvier*[2]) und *Ciaccio*[3]) beobachtete noch feinere Endigung in feinste Stäbchen oder Nägelchen (*Ciaccio*) bestätigen, so würden die Verhältnisse für *Kühne*'s Hypothese noch günstiger sein. Was das Vorkommen von Anastomosen zwischen den Aesten der Endplatte betrifft, so glaubte *Boll* dasselbe für das electrische Organ von Torpedo in Abrede stellen zu müssen. Er glaubt, daß die Anastomosen, die man bei versilberten Endplatten häufig beobachten könne, auf eine unvollkommene Versilberung zurückzuführen seien, da er solche bei Goldpräparaten oder bei Präparaten, die mit der combinirten Gold-Silbermethode hergestellt waren, nicht finden konnte. *Ciaccio* und *Ranvier* geben jedoch das Vorkommen von Anastomosen, wenn auch in geringerem Maaße, als man früher annahm, zu, und ich schließe mich darin der Ansicht der beiden letzteren Forscher an und glaube, daß man auch an Silberbildern Anastomosen

---

[1]) *F. Boll*, Die Structur der electrischen Platten von Torpedo. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 10. 1874. — *F. Boll*, Neue Untersuchungen über die Structur der electrischen Platten von Torpedo. Archiv f. Anatomie, Physiologie und wissenschaftl. Medicin. 1876.

[2]) *M. L. Ranvier,* Leçons sur l'histologie du système nerveux. Bd. II. Paris. F. Savy. 1878.

[3]) *Ciaccio,* Osservazioni intorno al modo come terminano i nervi motori ne' muscoli striati delle Torpedine e delle Razze e intorno alla somiglianza tra la piastra elettrica delle Torpedini e la motrice. Memorie dell' accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. Serie III, Tomo VIII. 1877.

mit Sicherheit constatiren kann. Gegen den Einwurf, daß Platten mit unvollkommener Versilberung der Beobachtung zu Grunde gelegen hätten, glaube ich dadurch sicher gestellt zu sein, daß ich vielfach auch Anastomosen bei solchen Platten gefunden habe, bei denen die Imprägnation mit Silber entschieden zu stark ausgefallen war, so daß die ganze negative Endplattenzeichnung im Vergleiche mit frischen, oder mit Gold- und Hämatoxylin-Bildern, bedeutend verschmälert, ja stellenweise so eingeengt war, daß einzelne Endästchen der Platte abgeschnürt erschienen. Wenn nun dicht daneben doch noch Anastomosen zu finden sind, so wird man wohl annehmen können, daß deren Zahl im frischen Zustande eher größer, als kleiner gewesen sein muß. In Silberpräparaten, bei denen der richtige Grad der Silbereinwirkung getroffen ist, und solche finden sich unter den nach meiner Methode isolirten viele vor, sind Anastomosen recht häufig zu beobachten. Ist die Versilberung gelungen, so erscheint das ganze isolirte Säulenplättchen ungemein gleichmäßig mit der negativen Endplattenzeichnung erfüllt, und es ist dann nichts zu sehen von weißen Abdrücken der hirschgeweihförmigen Nervenverästelungen, wie solche häufig bei weniger gelungenen Präparaten zu beobachten sind, so daß es sehr schwer ist, die Stellen herauszufinden, an denen der Zutritt der feinen Nervenästchen erfolgt. Es geht daraus zugleich hervor, daß die Nervenverästelung bis zu einem sehr weit gehenden Grad der Verzweigung, etwa dem ganzen von *Wagner* beobachteten Theil der Nervenendigung, noch außerhalb der eigentlichen Endplatte liegt, und erst die schon sehr fein gewordenen Fäserchen in die Endplatte einbiegen, auf welche Verhältnisse übrigens schon *Max Schultze*[1]) aufmerksam gemacht hat.

---

[1]) *Max Schultze*, Zur Kenntniß der electrischen Organe der Fische. 2. Abtheil.: Torpedo. Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. 5. 1860. p. 26.

Was mich besonders frappirte, war die ungemein reiche und feine Verästelung der Endplatte, von deren Größenverhältniß ich mir nach den Abbildungen anderer Forscher eine falsche Anschauung gebildet hatte, indem ich mir dieselbe viel zu grob vorgestellt hatte. Hauptsächlich hatte ich nicht gedacht, daß dieselbe so bedeutend viel feiner sei als die Verästelung bei den motorischen Endplatten. Es lag dies wohl daran, daß die electrischen Endplatten ihrer Feinheit wegen nur bei sehr bedeutender Vergrößerung in Abbildungen wiederzugeben sind, während die relativ großen Verhältnisse der motorischen Endplatten schon bei schwächerer Vergrößerung dargestellt werden können. Da man unwillkürlich dennoch Vergleiche zwischen beiden Bildern anstellt, so liegt die Möglichkeit einer solchen falschen Auffassung sehr nahe, und da wohl mancher Forscher, der nicht in der Lage ist, electrische Endplatten selbst zu untersuchen, ähnlich getäuscht werden könnte, so habe ich auf Taf. I, Fig. 1, 2, 3 ein Stückchen einer electrischen Endplatte (Fig. 1), einen Theil einer motorischen Endplatte von Torpedo (Fig. 2), beide nach Silberbildern, und eine motorische Endplatte von Lacerta viridis[1]) (Fig. 3), alle genau auf 1500fache Vergrößerung gebracht, neben einander gestellt.

[1]) Die Endplatte von Lac. viridis ist der Arbeit von *Kühne*: „Ueber den feineren Bau der peripherischen Endorgane der motorischen Nerven“, *Virchow*'s Archiv, Bd. 29, Taf. XIV, Fig. 5, entnommen und mit Hülfe des Scioptikon genau auf die oben angegebene Vergrößerung gebracht, nachdem mir Herr Geheimerath *Kühne* mitgetheilt hatte, daß die für diese Figur angegebene Vergrößerung damals von ihm sehr genau bestimmt wurde. Die Fig. 2 ist ein Theil einer sehr großen motorischen Endplatte von Torpedo, die durch Versilberung als Negativbild dargestellt wurde. Die vollständige Abbildung derselben wird in einer demnächst von mir erscheinenden Abhandlung über die motorischen Endplatten der Rochen und Haifische wiedergegeben werden. — *Ciaccio* macht in seiner oben citirten Arbeit auf die Aehnlichkeit der electrischen Endplatten von Torpedo mit den motorischen Endplatten von Torpedo und Raja aufmerksam, jedoch

Es gebrach mir leider an Zeit, über die Details der allerfeinsten Endigung, der Punktirung *Boll*'s, der Nägelchen *Ciaccio*'s genauere Untersuchungen anzustellen, ich glaube jedoch, durch das Studium von Plattenquerschnitten bestätigen zu können, daß ein derartiges feineres Structurverhältniß vorhanden ist. Man sieht oft bei Querschnitten durch die Platten, welche die Säulen aufbauen, eine feine Strichelung, von den Durchschnitten der electrischen Endplatte ausgehend, nach dem Inneren der Platte ziehen, welche Strichelchen in einer bestimmten Ebene mit einem kleinen Knöpfchen zu enden scheinen. Da diese Frage aber außerhalb des Bereiches meiner Untersuchungen lag, so sind meine Beobachtungen zu wenig zahlreich, als daß ich zu einer sicheren Entscheidung hätte kommen können.

Der Ausdehnung der Entladungshypothese auf electrische Organe stehen um so weniger Bedenken entgegen, seit *Babuchin* gezeigt hat, daß dieselben im Embryonalleben nichts anderes sind als Muskelfasern, die nur im Gegensatze zu den gewöhnlichen Muskelfasern ihre nervöse Endplatte nicht seitlich, sondern am einen Ende erhalten. Wenn auch bei den electrischen Platten die Querstreifung später schwindet und die ursprüngliche Muskelfaser nur auf eine sehr dünne Platte gallertiger Substanz reducirt wird, so ist es doch *(Kühne)* gestattet, diesen Rest, das Sarkoid, für die restirende Leitsubstanz des Muskels zu nehmen, die mit dem Verluste der Querstreifung die Contractilität einbüßte und nur die electromotorischen Eigenschaften bewahrt hat[1]).

---

ohne auch zugleich die große Aehnlichkeit mit den durch *Kühne* schon so lange bekannten Endplatten der Reptilien hervorzuheben.

[1]) *Kühne,* Ueber das Verhalten etc., pag. 137—141.

Eine große Differenz zwischen Muskeln und electrischen Organen liegt jedoch in den so sehr verschiedenen electrischen Wirkungen nach außen. Bei den electrischen Organen haben wir es mit bedeutenden Schlägen zu thun, während beim Muskel electrische Wirkungen nur in äußerst geringem Grade nachzuweisen sind. Nach *Kühne* läßt sich diese Differenz dadurch verstehen, daß im Muskel die einzelnen Fasern an sehr verschiedenen Stellen ihre Endplatten erhalten, wodurch die Contractionen innerhalb der verschiedenen Muskelfasern, damit auch die electrischen Schwankungen in untergeordneter Weise ablaufen und sich gegenseitig in ihrer Wirkung nach außen stören und theilweise aufheben, während in electrischen Organen die Innervations- und die electrischen Vorgänge, den geregelten anatomischen Verhältnissen entsprechend, auch in regelmäßiger Ordnung ablaufen können, denn wir können uns ein electrisches Organ aus lauter ganz kurzen Muskeln aufgebaut denken, die aber nicht an der Seite, sondern immer an einem Ende, und zwar an gleichgerichteten Enden ihre Nervenendplatte erhalten. Dadurch werden alle diese hypothetischen Muskeln in gleichem Sinne innervirt und auch die Schwankungswelle muß in allen einsinnig verlaufen.

Durch einen solchen Muskelaufbau wäre jedoch noch nichts erreicht, wenn nicht durch die anatomische Anordnung, durch die Längenverhältnisse der zutretenden Nervenfasern auch eine bestimmte Regulation für die Zeitmomente der Innervation der einzelnen Platten gegeben wäre. Es würde z. B. Nichts erreicht sein, wenn zuerst die mittleren Abschnitte eines solchen Plattensatzes und dann erst die an beiden Enden gelegenen Theile von der Innervation getroffen würden. Es müssen, ein bestimmtes Verhältniß zwischen der Leitungsgeschwindigkeit im Nerven und der Leitungsgeschwindigkeit im Sarkoid vorausgesetzt, je nach diesem Verhältniß entweder alle Platten gleichzeitig, oder, wie

Kühne glaubt, in bestimmter Succession derart innervirt werden, daß die Innervation, an einem Ende der Säule beginnend, in den einzelnen Platten in regelmäßiger Folge in kurzen Zeitdifferenzen hintereinander erfolgt. Daß letztere Bedingung bei gewissen electrischen Organen wirklich erfüllt ist, läßt sich seit *Bilharz*' [1]) Untersuchung über das electrische Organ von Malapterurus nicht mehr bezweifeln. Seine Entdeckung, daß zu dem electrischen Organ jeder Seite nur eine einzige, aus nur einer Ganglienzelle entspringende Nervenfaser zutritt, die längs des ganzen Organes verlaufend durch fortgesetzte Abgabe von Theilästen in regelmäßiger Succession die sämmtlichen Platten des Organes versorgt, kann nur als die beste Stütze für *Kühne*'s Hypothese angesehen werden.

Daß durch solche geregelte successive Innervation auch bei rein muskulösen Organen wirklich stärkere Wirkungen nach außen erzielt werden können, als bei gewöhnlicher Muskulatur, beweisen die Versuche, die *Kühne* [2]) mit schlagenden Herzen, besonders Schildkrötenherzen, angestellt hat. Wir haben es ja bei den sogenannten Muskelfasern des Herzens, deren Contractionen an der Atrioventriculargrenze beginnend zu den Papillarmuskeln fortschreiten, nicht mit einfachen Muskelfasern zu thun, sondern die sogenannten Muskelfasern sind zusammengesetzt aus einer großen Anzahl kurzer, aufeinander gesetzter Muskelfasern. Daß die Contractionen von der Atrioventriculargrenze beginnend zu den Papillarmuskeln fortschreiten, kann doch nicht anders gedeutet werden, als daß in regelmäßiger Folge immer neue primäre Muskelfasern in Contraction kommen, was selbstverständlich auch eine regelmäßige Succession der Innervation derselben, jedenfalls durch gewisse regulatorische Anordnung der Nerven bedingt,

---

1) *Th. Bilharz*, Das electrische Organ des Zitterwelses. Leipzig. W. Engelmann. 1857.

2) *Kühne*, loc. cit. pag. 86.

voraussetzt. *Kühne* hat nun wirklich von sich contrahirenden Herzen secundäre Wirkungen nicht nur auf aufgelegte Nerven, wie früher bekannt, sondern auch auf den curarisirten Sartorius des Frosches erhalten, also electrische Wirkungen nach außen, die jedenfalls schon als ziemlich beträchtliche angesehen werden dürfen.

So offenbar in der Verästelungsweise der electrischen Nervenfaser bei Malapterurus eine regulatorische Einrichtung für durch das ganze Organ regelmäßig ablaufende Entladungen zu erkennen ist, so wenig sind ähnliche Einrichtungen bei den anderen Zitterfischen, dem Gymnotus und Torpedo, bekannt. Ohne solche ist jedoch eine so plötzliche Entladung nicht zu denken, und ich stellte mir die Aufgabe, die electrischen Nerven bei Torpedo auf derartige Verhältnisse hin zu untersuchen. Wenn es mir auch nicht geglückt ist, die Innervation auf so einfache Verhältnisse reduciren zu können, wie bei Malapterurus, so glaube ich doch wenigstens einige Momente gefunden zu haben, die gewiß einen regulatorischen Charakter zeigen. Wie bekannt, durchsetzen die electrischen Nerven die Kiemen und treten als vier große Stämme und ein kleiner Stamm in das electrische Organ ein. Innerhalb desselben verästeln sie sich vielfach und vertheilen sich zwischen den Säulchen des Organes, wobei sie sich immer in halber Höhe der Säulchen halten. Aus diesen gröberen Stämmen und Stämmchen treten einzelne Nervenfasern oder Bündelchen von 3—4 Fasern aus und ziehen in schräger Richtung an die seitliche Oberfläche der Säulchen. Dort angelangt theilt sich jede Nervenfaser mit einem Male in 12—25 einzelne Nervenfasern, es liegen dort jene wundervollen von *R. Wagner* entdeckten Nervenbüsche, denen von den meisten Untersuchern des electrischen Organes merkwürdiger Weise sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Bis zu diesem plötzlichen Massenzerfall sollen die Nervenfasern von den Ganglienzellen im Lob. electricus an, während des gan-

zen Verlaufes innerhalb der Stämme ohne Theilung verlaufen (*Ranvier*)[1], eine Angabe, die ich wegen der Kürze meines Aufenthaltes in Neapel leider nicht nachuntersuchen konnte.

Ein *Wagner*'scher Nervenbusch, von *Ranvier* als „Bouquet de Wagner" bezeichnet, versorgt so viele übereinanderliegende Plättchen einer Säule, als Theilfasern aus ihm entspringen; es liegen mithin für einen kleinen Säulenabschnitt ähnliche Verhältnisse vor, wie sie für das ganze Organ von Malapterurus beschrieben wurden, und von hier ab glaube ich gewisse Regelmäßigkeiten der Nervenverbreitung gefunden zu haben, welche uns dem Verständniß der Entladung der electrischen Organe von Torpedo näher bringen könnten. Ehe ich aber auf die genauere Besprechung dieser Verhältnisse eingehe, möchte ich die Methode beschreiben, mit Hülfe welcher man leicht *Wagner*'sche Bouquets zur Anschauung bringen kann und gleichzeitig in einem Präparate eine größere Anzahl derselben in ihrer gegenseitigen Lage, ihrem Verhältniß zum Säulchen und den Modus ihrer Verästelung überblicken kann.

Man sticht ein scharfes Scalpell neben einem größeren Nervenstamm parallel der Trennungsfläche der Säulchen, also senkrecht zur Fläche des Thieres, ein und führt einen Schnitt in der Richtung des Nervenstammes. Dadurch wird eine Schnittfläche geschaffen, an der die Seitenflächen einer Anzahl von Säulchen freigelegt sind, über deren Mitte quer der Nervenstamm zieht, kleine Aestchen zu den Säulenoberflächen abgebend, die sich dort in die *Wagner*'schen Nervenbüsche auflösen. Diese Methode, so roh sie zu sein scheint, liefert dennoch sehr gut erhaltene Präparate, da die Säulchen mit den anhaftenden Bouquets durch den zwischenliegenden Nervenstamm gegen das Messer geschützt sind. Man findet fast niemals Zerreißungen der Nervenfasern,

---

[1]) *Ranvier*, Leçons sur l'histologie du système nerveux. Bd. II. p. 202.

sondern fast alle Nervenbüsche im Zusammenhang mit ihren Ursprungsfasern und diese letzteren in Verbindung mit den Nervenstämmen. Das Stück des Organes, an welchem diese Schnittfläche angelegt ist, wird herausgeschnitten, mit der Schnittfläche über ein Gefäß gelegt, welches 1 pCt. Osmiumsäure enthält, und nur so lange den Osmiumdämpfen ausgesetzt, bis die Nerven gerade schwarz geworden sind, während das darunter liegende Gewebe der Säulchen noch kaum Osmiumfärbung angenommen hat. Es wird mit Wasser abgewaschen, dann erst in schwächerem, zuletzt in absolutem Alkohol erhärtet, was womöglich ohne jede Verschiebung der Oberfläche zu geschehen hat. Nach der Erhärtung wird die ganze seitliche Oberfläche möglichst dünn mit dem Rasirmesser abgetragen und durch Nelkenöl in Canadabalsam gebracht. Man erhält leicht auf diese Weise Präparate, an denen die Oberflächen von 5—6 Säulchen freigelegt sind, das Gewebe der Säulchen kaum gefärbt ist, während die stark mit Osmium geschwärzten Nerven sich auf's Deutlichste von der Unterlage abheben.

Was bei diesen in situ erhärteten Nervenbüschen sofort auffällt, ist die sehr auffallende immer wiederkehrende Art der Anlagerung der Nervenbüsche an die Säulchen, die von den von *Wagner* gegebenen Zeichnungen und den Beschreibungen *Ranvier*'s wesentlich abweicht. Während *Wagner* die Büsche als häufig medusenhauptförmig den Säulchen anlagernd beschreibt und auch abbildet, und auch *Ranvier* eine solche Form der Anlagerung anführt[1]), muß ich meinen Präparaten nach eine solche Vertheilung in Abrede stellen. Nach meinen Beobachtungen ist der Modus der Verästelung folgender. Erstens ist jeder *Wagner*'sche Busch dazu bestimmt, eine Anzahl von übereinander liegenden electrischen Platten mit Nerven zu versorgen

[1]) *Ranvier*, Leçons sur l'histologie du système nerveux. Bd. II. p. 184.

und zwar so, daß zu jeder Platte ein Theilast, und zwar nur einer dieses Nervenbusches zutritt. Zweitens, daß die Eintrittsstellen der Theiläste, auf das ganze Säulchen bezogen, in einer fast geraden Linie, die parallel der Säulenaxe verläuft, übereinander liegen, wie dies an den Figuren 4, 5, 6, bei schwacher Vergrößerung und an Fig. 7, 8, Taf. I, bei etwas stärkerer Vergrößerung zu sehen ist. (Das Gewebe der Säulchen ist bei diesen Abbildungen nicht gezeichnet; die Richtung der Ebenen der electrischen Platten ist jedoch senkrecht zur Papierebene und die optischen Querschnitte derselben von rechts nach links, also die Säulenaxe mit dem Papier zusammenfallend von oben nach unten verlaufend, zu denken.) Eine Medusenhauptform ist bei dieser Art des Zutrittes der Nervenfasern natürlich nicht möglich und kann nur dann zur Anschauung kommen, wenn durch Druck die Säulchen und die Platten derselben so verschoben sind, daß die Platten zum Theil von der Fläche gesehen werden. Daß dies der Grund ist, geht auf's Deutlichste aus *Wagner*'s Fig. III[1]) hervor, bei der eine ganze Anzahl von Platten, von der Fläche gesehen, vorgelegen hat. Ebenso kann seine berühmte classisch gezeichnete Fig. III B[2]) (von *M. Schultze* in *Stricker*'s Handbuch der Lehre von den Geweben, Bd. I, p. 119, nur zum kleinsten Theil wiedergegeben) nicht als maaßgebend für die hier geschilderten Verhältnisse gebraucht werden, da auch hier das Flächenbild der Platte mit erscheint. Das Gleiche gilt von seiner Fig. II B[3]), bei welcher ebenfalls ein ganzer Platten-

[1]) *Rud. Wagner,* Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigung der Nerven und die Structur der Ganglien. Supplement zu den Icones physiologicae von *R. Wagner.* 1847.

[2]) *Rud. Wagner,* Ueber den feineren Bau des electrischen Organs im Zitterrochen. Aus den Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Bd. III. 1847.

[3]) Ebenda.

satz vorgelegen haben muß. Dagegen hat ihm offenbar zu Figur VIII[1]) ein ziemlich reines Profilbild gedient. Auch die Abbildung, die *Ranvier*[2]) von einem Bouquet de Wagner giebt, welches durch Osmiumsäure fixirt und jedenfalls einem gut in situ gehärteten Präparate entnommen war, gleicht meinen Zeichnungen, wenn man annimmt, daß die optischen Durchschnitte der Platten von oben nach unten verlaufen.

Bei genauerer Betrachtung der Nervenbüsche ergiebt sich noch ein weiteres Moment, welches, wie ich glaube, für die hier zu entscheidende Frage von Wichtigkeit sein wird. Die Theiläste des Nervenbusches verlaufen nämlich nicht etwa von der Theilungsstelle ausstrahlend auf dem directesten Weg zur oben erwähnten verticalen Ansatzlinie an das Säulchen, sondern immer nur wenige Aeste verlaufen gerade dahin; die meisten zeigen höchst auffallende hakenförmige oder schlingenförmige Umbiegungen und erreichen erst nach längerem oder kürzerem rückläufigen Zuge die Oberfläche des Säulchens (Fig. 4—8; Taf. I). Die nächstliegende Erklärung schien mir die zu sein, daß gar nicht die ganze von mir in den Abbildungen wiedergegebene Figur außerhalb der Säulchen liege, sondern daß die Stellen, an denen die Fasern in die rücklaufenden Theile umbiegen, denjenigen Punkten entsprächen, an denen der Eintritt eines Theilastes ins Innere des Säulchens zwischen die Platten erfolge; allein ich bin von dieser Ansicht zurückgekommen, da der ganze von mir in den Abbildungen wiedergegebene Theil der Nervenbüsche, von Präparaten, bei welchen doch Druck möglichst vermieden wurde, fast vollständig in einer Ebene liegt, und die Färbung mit Osmium sich gleichmäßig über die ganze Figur erstreckt, während im Innern der Säulchen die Nervenfasern kein Osmium aufgenommen haben. Würden die rücklaufenden Fasern

[1]) Ebenda.

[2]) Leçons sur l'hist. du syst. nerveux. Bd. II. pag. 182.

schon solchen Aesten entsprechen, die zwischen den Platten liegen, so müßten auch im Vergleich mit Flächenansichten bei dem mitunter recht beträchtlich langen Verlauf jedenfalls Theilungen daran zu beobachten sein, denn innerhalb der Platten habe ich niemals so lange Stücke von Nervenfasern beobachten können, ohne daß schon mehrfache Theilungen erfolgt wären. Da aber solche Theilungen an diesen rücklaufenden Theilen der Aeste des Nervenbusches niemals zu finden waren, so muß ich den ganzen von mir abgebildeten Theil der Nervenbüsche als außerhalb der Säulchen gelegen annehmen. Aehnliches scheinen auch schon *Wagner* und *Ranvier*, wenn sie auch kein Gewicht darauf legten, gesehen zu haben, denn in ihren Abbildungen sind zweifellos solche rücklaufende Fasern wiedergegeben. Daß Verschiebungen oder Zerrungen an den Primärfasern der Nervenbüsche die Ursache dieser eigenthümlichen Formen gegeben haben sollten, scheint mir deßhalb nicht wahrscheinlich, weil es doch ein sehr auffallender Zufall sein müßte, wenn die Verschiebung immer in der gleichen Art und Weise zu Stande kommen sollte; auch ist es mir an solchen Präparaten, die ich längere Zeit in Wasser wieder erweicht hatte, nicht gelungen durch Zug an den Primärfasern in verschiedenen Richtungen, die oben beschriebene Configuration zu verändern; mir scheinen eher die rücklaufenden Theile der Theilfasern in dem die Säulchen überziehenden Bindegewebe zu verlaufen und durch dieses in ihrer Lage fixirt zu sein. —

Es liegt nun die Frage sehr nahe, ob in dieser eigenthümlichen Nervenvertheilung nicht ein Moment liege, welches für die Entladung des Organes von Bedeutung ist. Wenn wir die Anordnung der Nervenbüsche betrachten, so scheint mir jedenfalls eine Form des Verlaufes der Theiläste ausgeschlossen, nämlich diejenige, wie sie in dem Schema Fig. 9, Taf. I, ausgedrückt ist, in dem die Längen der Theiläste vom Ursprung aus der Primärfaser bis zum Eintritt in die Platten den directesten Ver-

bindungen entsprechen; daß also diejenigen Platten, welche dem Ursprung des Nervenbusches zunächst liegen, durch die kürzesten Fasern versorgt würden, und sich nach beiden Seiten immer längere Fasern anschließen. Diese Form würde auch die für die Regulation der Erregung entschieden ungünstigste sein, denn mögen nun vor dem Zerfall in Nervenbüsche schon regulatorische Vorrichtungen existiren oder nicht, wir müssen doch jedenfalls von diesem Punkt aus, von dem also eine große Anzahl Fasern unter gleichen Bedingungen entspringt, solche Vorrichtungen finden können, und nach der oben erwähnten Form würden sowohl in höher gelegenen wie in tiefer gelegenen Platten die Erregungen später eintreten, als in den in der Mitte gelegenen Platten des betreffenden Säulenabschnittes. Sollte trotzdem eine Regulation vorhanden sein, so müßte dies durch complicirte Verhältnisse der Nervenvertheilung in den Platten selbst ausgeglichen werden, die wir, wie ich später zeigen werde, nicht anzunehmen genöthigt sind. Die immer wiederkehrende Form der Nervenbüsche scheint mir vielmehr dem Schema Fig. 10 zu entsprechen, bei dem gerade durch die Hakenbildung eine Regulirung der Nervenlängen bis zum Eintritt in die Säulen ermöglicht wird. Da bei dem meist etwas geschlängelten Verlauf und dadurch, daß viele Fasern, von anderen verdeckt, nicht in ihrem ganzen Verlauf übersehen werden konnten, natürlich genaue Messungen nicht möglich waren, so ist es mir nicht gelungen, mir eine sichere Ansicht zu bilden. Es könnten ebensogut die Längenverhältnisse der Nerven so geregelt sein, daß alle Entfernungen von der Theilungsstelle bis zur Ansatzlinie gleich groß sind, als daß die Längen von Theilfaser zu Theilfaser je um ein kleines zu- oder abnehmen, wodurch für die Erregungswellen regelmäßige Phasendifferenzen geschaffen würden. Da es sehr nahe liegt, die Innervation eines solchen von je einer Primärfaser versorgten Säulenabschnittes mit derjenigen des ganzen electrischen Organes von Malapterurus zu

vergleichen, so ist man natürlich sehr versucht, die dort leicht verständliche successive Längenzunahme der Nervenäste von Platte zu Platte, hier in der beschriebenen Ansatzform der Nervenbüsche zu suchen. Oberflächliche Schätzungen der Längenverhältnisse scheinen mir für diese Annahme zu sprechen, und wenn es auch nicht sicher nachgewiesen werden kann, so liegt doch jedenfalls die Möglichkeit vor, daß die theoretisch verlangte Phasendifferenz hier zu suchen ist.

Wenn es mir auch nicht gelungen ist, diese Frage zur Entscheidung zu bringen, so bin ich wenigstens in der Lage, über einige andere Punkte bestimmtere Angaben machen zu können. Wie ich oben schon erwähnte, liegen die Punkte, an denen der Eintritt der Nervenfasern in die Säulchen, also der Zutritt zu den Platten, erfolgt, in einer parallel zur Säulenaxe verlaufenden fast geraden Linie übereinander, und zwar ist dies nicht nur für die Theiläste eines Nervenbusches, sondern sehr häufig für die Eintrittsstellen der Aeste von 3—4 übereinander liegenden Nervenbüschen der Fall, wie dies aus den Fig. 4—6, Taf. I, ersichtlich ist. Dieses Verhältniß wiederholt sich immer wieder, und dem entsprechend finden wir eine sehr merkwürdige Thatsache, wenn wir an Flächenansichten die Verästelung der Nerven in benachbarten Platten miteinander vergleichen. Am besten dienen zu dieser Beobachtung Plättchen, welche durch die Anfangs der Arbeit angegebene Methode mit angesäuertem Drittel-Alkohol und nachträglicher Osmiumsäurefärbung isolirt erhalten wurden, und zwar sind solche Präparate zu wählen, bei denen die Isolation nicht ganz vollständig erreicht ist, sondern noch mehrere, zwei, drei, auch mehr Plättchen im Zusammenhang geblieben sind. Man wählt zur Isolation am besten ganz kleine Thiere, oder auch ausgetragene Embryonen, weil dabei die kleineren Plättchen leichter zu übersehen sind und auch besser ohne Falten ausgebreitet werden können. Isolirte Platten von größeren Thieren,

bei denen übrigens die Verhältnisse die gleichen sind, sind immer schlüsselförmig gewölbt und müssen, um glatt ausgebreitet zu werden, an der Peripherie mehrmals eingeschnitten werden.

Den Profilbildern entsprechend finden wir bei Betrachtung solcher Doppelplatten, oder eines größeren Plattensatzes, von der Fläche nun auf's frappanteste bestätigt, daß die Stellen des Eintrittes der Nerven zwischen die Platten direct übereinander liegen, und zwar habe ich dies selbst noch an solchen Präparaten constatiren können, bei denen bis zu sieben Platten übereinander lagen. Die Beobachtung der Flächenbilder bestätigt also vollkommen die Verhältnisse, wie sie aus Profilbildern zu schließen waren; was aber an letzteren natürlich nicht wahrgenommen werden konnte, ist die Thatsache, daß nicht nur die Eintrittsstellen der Nervenfasern übereinander liegen, sondern daß auch die ganze Verästelung derselben bis zu verhältnißmäßig schon sehr feinen Aestchen in übereinander liegenden Platten so ähnlich, man kann fast sagen, congruent verläuft, daß man manchmal meint, in der Nervenverästelung der einen Platte das Spiegelbild der anderen zu sehen. Die Fig. 11—15, Taf. II, die theils Doppelplatten, theils dreifachen Platten entnommen sind, können dies besser demonstriren, als sich dies mit Worten beschreiben läßt. Selbst bei größeren Plattensätzen von etwa 6 bis 7 übereinander liegenden Platten kann man sich noch von der großen Uebereinstimmung überzeugen, soweit dies bei der Dicke des Präparates möglich ist. Da geringe Verschiebungen der Platten gegeneinander nicht vollkommen vermieden werden können, so ist wahrscheinlich im normalen, frischen Zustande die Congruenz eher noch größer als in den hier gegebenen Zeichnungen. In der Litteratur habe ich außer bei *Savi*[1]) keine An-

[1]) *Paul Savi*, Etudes anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la Torpille. Anhang zu: *Matteucci*, Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux. Paris. Fortin, Masson et Cie. 1844.

gabe über dieses merkwürdige Factum gefunden, und es ist auffallend, wie *Savi*, der doch noch im Fehler der geschlossenen Endnetze befangen war, in dieser Beziehung gewiß richtig beobachtet hat. In seiner Fig. 3, Taf. I, die auch von *Ranvier* im Système nerveux reproducirt ist, giebt er das Bild einer Doppelplatte, die zur Demonstration seiner Endnetze dienen soll. Während er die nach seiner Meinung ungefähr hexagonalen Maschen einer Platte unter sich nicht ganz gleich zeichnet, so bildet er die correspondirenden Punkten beider Platten entsprechenden Maschen mit fast vollkommener Congruenz ab. Er spricht sich auch schon direct über diesen Punkt im Sinne einer auffallenden Uebereinstimmung der Nervenverbreitung in übereinander liegenden Platten aus. Er sagt (loc. cit. p. 323): „Quant aux rapports qui existent entre les mailles des diaphragmes les plus voisins, je crois, comme je l'ai déjà annoncé au congrès de Florence, que la disposition de ces mailles est identique, de manière à produire la coïncidence des côtés et des angles de celles qui se trouvent placées soit en-dessous soit audessus l'une de l'autre". — Wenn er auch die letzten Verzweigungen der Nervenfasern nicht erkannt hatte, so war ihm doch zweifelsohne schon die Congruenz der Nervenverästelung benachbarter Platten aufgefallen. Daß die späteren Beobachter darüber keine Angabe machen, ist dadurch erklärlich, daß das Streben der Forscher in der letzten Zeit mehr auf Ergründung der allerletzten Nervenenden in den electrischen Endplatten gerichtet war. Auch an Querschnitten, die nach guter Einbettung in Paraffin oder Gummiglycerin erhalten waren, konnten diese Verhältnisse bestätigt werden. War der Schnitt so geführt, daß er die Platten genau senkrecht traf und zufällig auch das Verästelungsgebiet eines Nervenbusches so durchsetzte, daß größere Nervenfaseräste im reinen Querschnitte getroffen waren, so konnte ich im günstigsten Falle Querschnitte von Nervenfasern zwischen den Platten

bis zu 10—12 in einer geraden Linie genau übereinander liegend vorfinden. Die Fig. 11—13 zeigen Doppelplatten, an denen die Congruenz der Verästelung eine sehr weitgehende ist und bei vielen Aesten selbst bis in verhältnißmäßig sehr feine Zweige verfolgt werden kann. Für die gröberen Fasern gilt das Gleiche von den dreifachen Platten. Der in Fig. 14 abgebildete Plattensatz demonstrirt dies für einzelne Aeste sehr gut; leider war an einer Stelle die unterste Platte nicht vollständig gefärbt (in der Zeichnung auch heller gehalten), so daß Theile der Verästelung nicht gezeichnet werden konnten, so weit jedoch die Verbreitung der Nerven kenntlich war, ist auch dort die Congruenz zweifellos. Bei Fig. 15 zeigt sich für die nach oben und nach rechts gehenden Aeste ein fast vollständig gleicher Verlauf in den drei Platten, während für die nach links gehende Verästelung in der untersten Platte eine kleine Abweichung vorkommt, indem die erste secundäre Theilfaser etwas näher am Eintritt entspringt, als die entsprechende der beiden oberen Platten. Die Abweichung wird aber dadurch corrigirt, daß die betreffende Nervenfaser unter etwas spitzerem Winkel entspringt, wodurch ihr Verästelungsgebiet doch wieder fast genau unter dasjenige der entsprechenden Aeste der beiden oberen Platten zu liegen kommt. Solche Abweichungen sind mir mehrfach begegnet, ich bin aber durch dieselben eher noch in meiner Ansicht hier einem für die Entladung wichtigen Structurelement gegenüber zu stehen bestärkt worden, denn ich fand die Abweichungen von der Congruenz immer der Art, daß in ihnen gleichzeitig auch eine Correctur gefunden wird, wodurch das Princip der gleichen Nervenvertheilung in benachbarten Platten wieder hergestellt wird. Als sehr demonstratives Beispiel hierfür kann Fig. 16 dienen, bei welcher solche Abweichungen fast als Princip durchgeführt sind. Zieht die Nervenfaser in der oberen Platte etwas mehr rechts, so geht die der unteren links; kehrt an einer Verästelungsstelle die obere wieder

nach links zurück, so macht die untere eine entsprechende Knickung nach rechts und so mehrmals hin und herschwankend, kreuzen sich beide mehrmals, welche Erscheinung sich auch in den secundären Zweigen wiederholt. Die Abweichungen sind aber immer so, daß die Entfernungen von den Eintrittsstellen bis zu den Punkten, an denen die Kreuzungen erfolgen, für die Fasern der oberen und unteren Platte annähernd die gleichen sind.

Zu welchen Schlüssen berechtigen diese Beobachtungen? Die Congruenz der Nervenverästelung in den übereinander liegenden Platten eines ganzen Plattensatzes kann meiner Meinung nach für die Entladung nur die Bedeutung haben, daß, von den Eintrittsstellen der Nervenfasern in die Säulchen an gerechnet, die Erregung oder die Schwankungswelle des Nervenstromes in benachbarten Platten in ganz gleicher Weise abläuft. Dieser Vorgang würde für benachbarte Platten auch zu gleicher Zeit stattfinden, wenn durch die oben beschriebene Verzweigungsart der Nervenbüsche gleich lange Theiläste geschaffen wären; er würde in regelmäßiger Succession nacheinander die Platten treffen, wenn eine solche durch die relativen Längen der Theilfasern bedingt wäre, eine Frage, die ich, wie ich oben bemerkte, nicht entscheiden konnte.

Wie die Vergleichung der Nervenverästelung verschiedener Platten untereinander zum Nachweis eines regulatorischen Principes geführt hat, so gelang es, auch für die scheinbar sehr unregelmäßige Verästelung innerhalb ein und derselben Platte ein bestimmtes Vertheilungsprincip zu finden. Die Theilfaser des Nervenbusches tritt am Rande der Platte ein, zieht eine Strecke weit ungetheilt nach dem Innern und zerfällt dann durch vielfache meist dichotomische, seltener dreifache Theilungen in die von *Wagner* schon beschriebene hirschgeweihförmige Figur. Die letzten Aestchen dieser treten dann erst in die eigentliche electrische Endplatte ein. Um den Raum neben der ungetheilten

Anfangsstrecke der in die Platte tretenden Nervenfaser mit Nerven zu versehen, machen meist schon nach der zweiten Theilung größere Zweige eine stark rückläufige Bewegung; sie biegen sich nach der Eintrittsstelle zurück, wo sie sich in die feineren Zweige auflösen. Aehnliche rücklaufende Zweige kehren auch bei den feineren Verästelungen immer wieder, und es wird dadurch eine weitere regulatorische Einrichtung bedingt. Durch Messungen ergiebt sich nämlich, daß die Entfernungen von der Eintrittsstelle bis zu den Enden der hirschgeweihförmigen Figur *Wagner*'s, also bis zu den Punkten, an denen die Nervenfasern in die eigentlichen Endplatten eintreten, für alle Endästchen innerhalb des Verbreitungsgebietes einer Theilfaser die gleichen sind; daß z. B. in den Fig. 17, 18, Taf. II, die Entfernungen $abcde = abcde_{,} = abcde_{,,} = abcd_{,}e_{,,,} = abc_{,}d_{,,}e_{5}$ u. s. w. immer dieselben sind. Diese Verhältnisse lassen sich auch an den übrigen Figuren, z. B. Fig. 11, 12, 13, controliren, sind aber natürlich dort nicht so genau, da bei den mehrfachen Platten die feinsten Verzweigungen nicht immer ganz vollständig wiederzugeben waren. Man wählt zur Beobachtung dieser Verhältnisse am besten ebenfalls kleinere Thiere oder nahezu ausgetragene Embryonen, da bei den Platten großer Exemplare die Verästelung zu complicirt ist, um bequem übersehen werden zu können. Aber auch bei diesen kann man durch Messungen das Gleiche constatiren. Die Platten, welche zu diesen Beobachtungen verwendet wurden, waren auf gleiche Weise wie die Doppelplatten, mittelst angesäuertem Drittel-Alkohol und Osmiumfärbung hergestellt, nur war die Färbung durch nachträgliche Hämatoxylinfärbung noch präciser gemacht. Wenn man bei schwacher Vergrößerung eine größere Anzahl ganzer unversehrter Platten durchmustert, so sieht man, daß nicht etwa die ganze Platte von einer zutretenden Nervenfaser versorgt wird, sondern es treten zu den meist sechsseitigen Plättchen in der großen Mehrzahl der Fälle sechs

Nervenfasern (seltener fünf oder sieben), aus sechs verschiedenen *Wagner*'schen Endbüschen entspringend, in ziemlich gleichen Abständen an die Peripherie heran, und jede Faser versorgt ungefähr $^1/_6$ der ganzen Platte. Auch darin liegt ein Moment für die gleichmäßige Erfüllung der Platte mit Nervenelementen, denn denken wir uns ein regelmäßiges Sechseck in sechs gleichseitige Dreiecke zerlegt, zu jedem Dreieck in der Mitte der Seite eine Nervenfaser zutretend, dieselbe ungetheilt bis $^1/_3$ der Höhe, also bis zum Mittelpunkt des Dreiecks verlaufend, so ist verständlich, daß von diesem Punkt aus am leichtesten eine gleichmäßige Raumerfüllung möglich ist. Mit dieser theoretischen Nervenvertheilung stimmt nun in vielen Fällen die factische Ausbreitung sehr nahe überein; fast immer in den Fällen, in denen die Nervenfaser nicht an einem Winkel des Sechsecks, sondern in der Mitte einer Seite eintritt. Treten die Fasern, was ebenfalls häufig vorkommt, an einem Winkel ein, so verlaufen sie dann meistens etwas weiter ungetheilt. Dies auf das hypothetische Verbreitungsgebiet bezogen, stimmt auch, indem nun zwei Hälften zweier gleichseitigen Dreiecke, also zwei rechtwinklige Dreiecke, die mit ihren Hypothenusen aneinander gelagert sind, zu versorgen sind. Da für diesen Fall der Mittelpunkt des so gebildeten Vierecks nahe der Mitte der gemeinsamen Hypothenuse liegt, so haben wir auch hier ein Analogon für den etwas längeren ungetheilten Verlauf der Theilfaser.

Fragt man sich, was durch diese Anordnung erreicht ist, so kann die Antwort nur darin bestehen, daß an allen Endpunkten der hirschgeweihförmigen Figur, die einer Theilfaser zugehören, also in je $^1/_6$ einer Platte, die Erregung zu gleicher Zeit anlangt.

An diesen Stellen ist aber der Eintritt der Nervenfasern in die eigentliche electrische Endplatte, und auf diese kann, da sie, wie ich im Anfang erwähnt habe, im Princip auf die motorischen Endplatten zurückzuführen ist, die *Kühne*'sche Entladungshypothese ohne Schwierigkeit übertragen werden.

In Vorhergehendem glaube ich auf einige Momente hingewiesen zu haben, die uns dem Verständniß für die Möglichkeit einer plötzlichen Entladung des electrischen Organes näher bringen; ich bin jedoch weit entfernt, zu glauben, daß dadurch die schwierige Frage klar gestellt sei; denn es sind noch genug Punkte vorhanden, für die bis jetzt eine Anordnung, die einen geregelten Erregungsablauf erklären könnte, nicht gefunden werden konnte. Wie ich oben bemerkte, treten zu jeder Platte in den meisten Fällen sechs Nervenfasern (seltener fünf oder sieben), so daß in jeder Platte eigentlich sechs electrische Endplatten enthalten sind, und zwar sechs Endplatten, von denen jede ihre Nervenfaser aus einem anderen *Wagner*'schen Nervenbusch bezieht. Diese sechs in einer Platte liegenden Endplatten müssen nun nothwendig gleichzeitig innervirt werden, denn ohne dies wäre eine Entladung nicht denkbar, es müssen also regulatorische Vorrichtungen vorhanden sein für die relative Innervation der sechs an einer Platte betheiligten *Wagner*'schen Nervenbüsche. Wo diese zu suchen sind, ist mir nicht gelungen nachzuweisen. Möglicherweise verlaufen die Nervenfasern in den Stämmen doch nicht ganz ohne Theilungen, und es könnten die Primärfasern der sechs Nervenbüsche durch Theilung aus einer ursprünglichen Nervenfaser entstanden sein; ferner könnten die Längen der Nervenfasern für die sechs Nervenbüsche vom Centralorgan bis zum Zerfall die gleichen sein; endlich könnte auch im Centralorgan selbst schon eine Regulation dafür vorhanden sein. Die Analogie der electrischen Platten mit Muskelfasern wird durch das Vorhandensein von sechs getrennten Endplatten nicht alterirt, da es ja, wie dies neuerdings wieder von *Kühne* hervorgehoben wurde, und ich selbst oft genug Gelegenheit hatte, auf's bestimmteste zu constatiren, ganz zweifellos ist, daß eine Muskelfaser mehr als eine Nervenendigung haben kann.

Ein zweiter Punkt, der noch unklar ist, ist folgender. Eine

electrische Säule wird nicht in ihrer ganzen Höhe von einem Nervenbusch versorgt, sondern es sind daran eine ganze Anzahl übereinander liegender betheiligt. Wenn nun auch für jeden einzelnen Nervenbusch eine Regulation sehr wahrscheinlich gemacht werden konnte, so fehlt doch der Nachweis einer geregelten Innervation der übereinander liegenden Nervenbüsche. Eine solche müßte der Hypothese nach eine den Verhältnissen bei Malapterurus entsprechende Längenabstufung der verschiedenen Primärfasern sein. Auch dafür könnten Theilungen in den Stämmen und ein etwas verschiedener Verlauf der Aeste, vielleicht auch Regulation im Centralorgan heranzuziehen sein. Ganz unverständlich ist mir geblieben, wie es möglich ist, daß alle Säulchen des Organes gleichzeitig entladen werden, denn dann müßten die Nervenfasern, welche die dem Centralorgan zunächst liegenden Säulchen versorgen, gerade so lang sein wie diejenigen, welche zu den entferntesten zutreten. Dies wäre nicht anders möglich, als daß sie zu den naheliegenden Säulchen erst auf größeren Umwegen gelangten. Ein dem entsprechender Verlauf der Nervenstämmchen ist jedoch nicht vorhanden. Es müssen also entweder im Centralorgan regulatorische Apparate dafür gesucht werden, oder es existiren überhaupt keine solche und es würden factisch nicht alle Säulchen vollkommen zu gleicher Zeit entladen, sondern nacheinander, wenn auch in sehr kleinen Zeitintervallen. Vielleicht liegt darin die Erklärung der Thatsache, daß der electrische Schlag eines Torpedo die aufgelegten Hände nicht blitzartig durchzuckt, wie etwa der Schlag einer Leydener Flasche, sondern ein Gefühl erzeugt, welches mehr als starkes Prickeln, das eine gewisse, wenn auch sehr kurze Dauer hat, bezeichnet werden muß, und daß der electrische Schlag bei Torpedo und Gymnotus von *Marey* [1]) mit Hülfe des Signals von *Deprez*

[1]) *E. J. Marey*, Sur les caractères des décharges électriques de la torpille. Compt. rend. Bd. 84.

und des Telephons[1]) auch thatsächlich discontinuirlich gefunden wurde.

Der mir nur kurz zugemessene Aufenthalt in Neapel erlaubte mir leider nicht auf diese noch unklaren Punkte meine Untersuchungen auszudehnen; daß es mir dennoch gelang, die in dieser Arbeit beschriebenen Beobachtungen anzustellen, die, wie ich glaube, etwas zum Verständniß der Entladung der electrischen Organe beitragen können, war mir nur dadurch ermöglicht, daß ich von Herrn Professor *Dohrn* und den Herren Assistenten der zoologischen Station auf das liebenswürdigste unterstützt wurde. —

---

[1]) Derselbe. Nouvelles recherches sur les poissons électriques; caractères de la décharge du Gymnote; effets d'une décharge de Torpille, lancée dans un téléphone. Compt. rend. Bd. 88.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Theil einer electrischen Endplatte von Torpedo nach einem Silberpräparat. Vergrößerung genau 1500.

Fig. 2. Theil einer motorischen Endplatte von Torpedo, Silberpräparat. Vergrößerung genau 1500.

Fig. 3. Motorische Endplatte von Lacerta viridis, nach einer Abbildung von *Kühne* genau auf 1500fache Vergrößerung gebracht.

Fig. 4—6. *Wagner*'sche Nervenbüsche (Bouquets de Wagner). Nach Osmiumpräparaten. *Hartnack*, Syst. II.

Fig. 7, 8. *Wagner*'sche Nervenbüsche, Osmiumpräparate. *Hartnack*, Syst. IV.

Fig. 9, 10. Schematische Zeichnungen der Ansatzform der Nervenbüsche an den Säulchen.

Fig. 11—13. Doppelplatten und

Fig. 14, 15. Dreifache übereinander liegende electrische Platten mittelst angesäuerten Drittel-Alkohols isolirt und mit Osmiumsäure gefärbt. (Zur Demonstration der Congruenz der Nervenverästelung in benachbarten Platten.)

Fig. 16. Doppelplatte. (Abweichung von der Congruenz der Nervenverästelung und Correctur derselben.)

Fig. 17, 18. Isolirte Platten. (Angesäuerter Drittel-Alkohol, Osmiumsäure, Hämatoxylin.) Gleichmäßige Raumerfüllung mit Nervenenden.

Die Fig. 4—8, 11—18 sind genau mit dem Zeichenprisma copirt, 11 bis 18 mit *Hartnack*, Syst. 4, Ocul. II oder III.

1881

Untersuchung der Fleischextracte verschiedener Fische und Wirbellosen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Das Fleisch der Fische ist mehrfach Gegenstand der chemischen Elementaranalyse gewesen. Der Frage nach dem Nährwerthe desselben, welche besonders in jüngster Zeit so lebhaft discutirt wurde, verdanken jene Arbeiten[1]) nach den Aussagen ihrer Verfasser vorzugsweise die Entstehung. Naturgemäß läßt sich aber aus der elementaren Zusammensetzung eines Fleisches allein dessen Nährwerth nicht erschließen; Vorbedingung ist, daß man weiß, in welcher Verbindung der Stickstoff, der Phosphor, die Metalle etc. in dem Fleische enthalten sind. Man muß, bevor eine Beurtheilung der Resultate der Elementaranalysen unternommen werden kann, Kenntniß davon besitzen, ob der gefundene Stickstoff sich thatsächlich vorzugsweise als ein Bestandtheil

---

[1]) Vgl. *Payen*, Compt. rend. T. 39. 1854. p. 318—321.

Chittenden, R. H., On the chemical composition of the flesh of Hippoglossus americanus. American journal of science and arts. T. 13. 1877. S. 123 ff.

Almén, Aug., Analyse des Fleisches einiger Fische. Nova acta regiae societatis Upsaliensis in memoriam quatuor sæculorum ab Universitate Upsaliensi peractorum. Vol. extra ordinem editum. Upsaliae. 1877.

Ein besonderer Werth dürfte den quantitativen Bestimmungen des Wassers, der festen Theile, der Asche und des Fettes im Fischfleische, welche in diesen Arbeiten niedergelegt sind, zukommen. *J. E. Schloßberger*'s „Vergleichend-chemischen Untersuchungen über das Fleisch verschiedener Thiere“ (Stuttgart. 1840. 55 Seiten) wird gegenwärtig kaum noch ein wissenschaftliches Interesse abzugewinnen sein.

nährender Eiweißkörper, wie stillschweigend vorausgesetzt wurde, oder des Kreatins, und nicht z. B. des Harnstoffs — wie es bei den Selachiern der Fall ist — im Fleische findet, in welcher Verbindung der Phosphor in den Muskeln vorhanden ist u. dgl. m. Und wie die Ergebnisse der zahlreichen Elementaranalysen des Fischfleisches in ihrer Exclusivität sich für sanitäre Zwecke als unbrauchbar erweisen, befriedigen sie in noch geringerem Grade das wissenschaftliche Interesse, welches sich auf den Vergleich des Fischfleisches mit dem höherer Thiere richtet.

Wie aus der von mir in einer früheren Arbeit[1]) zusammengestellten Literatur über die chemischen Untersuchungen des Fischfleisches ersichtlich ist, fehlt es zwar keineswegs gänzlich an Arbeiten, welche die Auffindung der näheren organischen Bestandtheile (Glycogen, Inosit, Kreatin, Kreatinin, Xanthin, Hypoxanthin, Taurin, Harnstoff, Milch- und Inosinsäure) des Fischfleisches bezweckten, aber diese Untersuchungen, welche ich selbst auf zwei als Nahrungsmittel wichtige Süßwasserfische (Cyprinus carpio und Perca fluviatilis) ausdehnte, beschränken sich bislang auf wenige und zum großen Theil auf ungewöhnliche Fischarten und haben qualitativ so bedeutende Differenzen ergeben, daß es mir nicht nur erforderlich schien, das Fleisch von möglichst vielen Fischspecies auf Harnstoff, sondern auch auf seinen Gehalt an den anderen organischen nicht albuminösen Fleischbestandtheilen zu untersuchen. Bei der Mangelhaftigkeit der Darstellungsmethoden dieser Substanzen aus den Muskeln sind derartige Untersuchungen wohl weniger von quantitativ practischem als von wissenschaftlichem Werthe; doch auch der erstere dürfte ihnen nicht ganz fehlen. So schien es mir z. B. wichtig zu wissen, ob das Fleisch der den Rochen und Haien nächstverwandten Fische,

[1]) *Krukenberg*, Vergleichend-physiolog. Beiträge zur Chemie der contractilen Gewebe. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. III. S. 187—220.

der als Speise so geschätzten Störe, durch denselben hohen Harnstoffgehalt ausgezeichnet sei, wie das der Selachier; ferner schien es mir von practischem Werthe in Erfahrung zu bringen, ob das theuer bezahlte, weil höchst schmackhafte Fleisch mancher Scomberoïde — wie z. B. das von Luvarus imperialis, von welchem das Kilo auf dem Fischmarkte zu Triest mit 3 österr. Gulden bezahlt wurde — durch den Gehalt an bestimmten, chemisch nachweisbaren Stoffen von dem Fleische anderer Fische erheblich abwich; auch lag mir daran, zu wissen, ob die verschieden gefärbten Fleischarten ein und desselben Thieres, deren auffällig verschiedene Schmackhaftigkeit bei Fischen (besonders beim Thunfische) wie beim Geflügel allgemein bekannt ist, Differenzen der chemischen Zusammensetzung erkennen ließen.

Noch bestimmender als diese practischen Gesichtspunkte waren für mich die theoretischen. Seitdem ich in Uebereinstimmung mit mehreren anderen Forschern gefunden hatte, daß von den typischen Bestandtheilen der Wirbelthiermuskeln in den contractilen Geweben verschiedenster Wirbelloser nichts nachzuweisen ist, war es erforderlich, die Grenzen dieser so auffallenden Abweichungen genauer festzustellen. Die Untersuchungen mußten deshalb einerseits auf das am niedrigsten organisirte Wirbelthier (Amphioxus), anderseits auf Repräsentanten der noch ununtersucht gebliebenen Typen, Classen und Ordnungen unter den Wirbellosen ausgedehnt werden. Ferner hatte ich einen in seinem Vorkommen in den Wirbelthiermuskeln meist als constant betrachteten Muskelstoff — den Inosit — sowohl im Karpfen- wie im Barschfleische vermißt; über seine Verbreitung bei den Wirbelthieren Näheres in Erfahrung zu bringen, war deshalb für mich ein zweites Object eingehender Untersuchung. Diesen Fragen gesellten sich im Laufe der Untersuchung noch manche andere hinzu, die im Folgenden erst Erörterung finden können; die erwähnten Momente werden aber, wie ich glaube, schon allein aus-

reichen, die Gesichtspunkte, welche ich bei dieser Arbeit im Auge hatte, zu kennzeichnen.

Das reichhaltige Material zu meinen Untersuchungen wurde mir wiederum von der k. k. Zoologischen Station zu Triest bereitwilligst zur Verfügung gestellt, wo ich dasselbe auch präpariren und, in absolutem Alkohol conservirt, transportfähig machen durfte. Für die mir dazu gütigst ertheilte Erlaubniß bin ich Herrn Professor *Claus* zu besonderem Danke verpflichtet. Eine große Anzahl von Amphioxus lanceolatus lieferte mir die zoologische Station in Neapel, der ich ebenfalls für die ausgezeichnete Conservirung des Materiales meinen Dank auszusprechen mir erlaube.

Es ließ sich nicht vermeiden, daß nur Fische, wie sie auf den Markt gebracht werden, und nicht unmittelbar nach dem Fange zur Untersuchung verwendet wurden. Obgleich ich immer das frischeste Material auswählte, so scheint doch auch dieses nicht allen Ansprüchen zu genügen, da z. B. das Glycogen in dem verdünnten alkoholischen wie wässrigen Auszuge des Fleisches wohl nur wegen seiner nicht lebensfrischen Beschaffenheit von mir stets vermißt wurde. Um derartigen Uebelständen und Zufälligkeiten nach Kräften zu entgehen, habe ich in einzelnen Fällen mehrere Fleischportionen verschiedener Exemplare derselben Art gesondert conservirt und für sich untersucht, und die Untersuchung andrerseits auf mehrere Arten aus derselben Familie ausgedehnt. Die Fülle des untersuchten Materiales mußte so in einigen Fällen die Bündigkeit eines einzelnen Versuchsergebnisses ersetzen. Die Wiederholung der Versuche an mehreren Fleischportionen von ein und derselben Fischspecies war bisweilen schon deshalb dringend nothwendig, weil sich die bei Zusatz der essigsauren Bleisalze entstandenen Umsetzungsproducte aus mir unbekannt gebliebenen, jedenfalls aus sehr verschiedenen Gründen oft durch Filtration aus der Fleischbrühe durchaus nicht entfernen

lassen, und selbst das Schwefelblei alsdann trotz der zu seiner Beseitigung von mir angewandten verschiedenartigsten Manipulationen in dem Fleischsafte äußerst fein suspendirt, um nicht zu sagen, gelöst bleibt.

Da meine bereits oben citirte Abhandlung über das von mir eingeschlagene Versuchsverfahren die genaueren Angaben enthält, so will ich hier nur auf die Reinigungsweise der Extracte des Fischfleisches von Phosphaten und auf die Abscheidung des eventuell vorhandenen Inosits aus ihnen etwas näher eingehen.

Die wässrigen Auszüge des Fleisches von Knochenfischen — seltener von Knorpelfischen (Petromyzon, Mustelus lævis, Torpedo, Acipenser) — nehmen auf .Zusatz von neutralem essigsaurem Blei eine milchige Beschaffenheit an. Vorausgegangene gründliche Extraction des Fleisches mit kaltem und siedendem Alkohol wie mit Aether verhindert diese feine Suspension der Bleiverbindungen nicht. Bei den Fleischauszügen einiger Fischarten gelang es mir durch längeres Erwärmen (Amphioxus, Torpedo, Lichia, rothe Muskeln von Pelamys sarda) oder durch Abdampfen des Fleischsaftes auf dem Wasserbade und nachheriges Auskochen des Verdampfungsrückstandes mit Wasser (Trigla), auch wohl durch Vermischen der Brühe mit Kohlenpulver (Luvarus, Caranx) oder durch geringen Alkoholzusatz (Mustelus) die Bleisalze abfiltrirbar zu machen. Bei der Entfernung der Bleiverbindungen aus den Fleischauszügen einiger Fische (Conger, Crenilabrus, Petromyzon, Acipenser) versagten aber alle diese Methoden den Dienst, und ich blieb in diesen Fällen lediglich auf die weitere Fällung mit basisch essigsaurem Blei angewiesen. Die Bleiverbindungen, welche sich alsdann unter Anwendung der angegebenen Operationen meist gut absetzen und leicht abfiltrirt werden können, müssen unter diesen Umständen insgesammt durch Schwefelwasserstoff zersetzt werden, was für den Inositnachweis allerdings nicht günstig ist. Durch

die Ergebnisse meiner Versuche an Fleischportionen, in denen der basisch essigsaure Bleiniederschlag — theils warm, theils kalt abgeschieden —, unvermischt mit dem neutralen essigsauren Bleipräcipitate durch Schwefelwasserstoff zersetzt und weiterhin auf Inosit geprüft werden konnte, glaube ich mich jedoch zu den Schlüssen berechtigt, welche ich auch auf die Resultate meiner, der unüberwindlichen Schwierigkeiten wegen weniger beweiskräftigen Versuche in Betreff des Inositvorkommens gründe.

Alles Fleisch von größeren Fischen, dessen ich mich zu meinen Untersuchungen bediente, und welches sich bis zu seiner weiteren Verarbeitung in Alkohol vortrefflich conservirt hatte, war von Knorpel, Knochen, Epidermoïdalgebilden u. s. w. möglichst sorgfältig gereinigt. Die kleineren Fischarten (Ammocœtes und Amphioxus) wurden in toto zerkleinert, von Petromyzon nur die Eingeweide entfernt. Sowohl der Alkohol, in welchem sich das Fleisch befand, als der, durch den es zuvor entwässert war, wurden filtrirt, die Filtrate auf dem Wasserbade zur Syrupsconsistenz eingedickt und mit dem ebenso behandelten alkoholischen Preßsafte aus dem Fleische vereinigt, auf Harnstoff untersucht. Auch der Amphioxussendung aus Neapel war aller Alkohol, mit dem sich die Fischchen vom Anfang an in Berührung befunden hatten, in Flaschen beigegeben und wurde in derselben Weise verarbeitet. Um einen ungefähren Maßstab für die verwendete Menge von Fleischsubstanz zu gewinnen, wurde dieser Preßrückstand des Fleisches gewogen.

Der Harnstoff wurde in bekannter Weise so nachgewiesen, daß eine Probe des erkalteten alkoholischen Verdampfungsrückstandes mit dem Glasstabe herausgenommen und auf einem Uhrgläschen oder Objectträger mit reiner concentrirter Salpetersäure anhaltend verrieben wurde. Es ergab sich, daß der Harnstoff nach dieser Methode nicht nur im Fleische aller Knochenfische (Conger, Crenilabrus, Trigla, Thynnus, Luvarus, Caranx

etc.), sondern auch im Fleische von Amphioxus lanceolatus, Ammocœtes branchialis, Petromyzon fluviatilis und von Acipenser sturio weder makroskopisch noch mikroskopisch nachweisbar ist, während er in den Muskeln keines der von mir darauf untersuchten Selachier (Scyllium canicula, Mustelus vulgaris und lævis, Acanthias vulgaris, Squatina vulgaris; Torpedo marmorata, Myliobatis aquila) fehlte. Die früheren Angaben über das Vorkommen des Harnstoffs im Fleische der Knorpelfische beschränkten sich lediglich auf den Harnstoffnachweis in den Muskeln von Acanthias vulgaris und Raja batis, und *Stædeler* hob wohl nicht mit Unrecht hervor, daß es nöthig sei, die Untersuchungen erst auf mehrere Fischarten auszudehnen, bevor man den Hai- und Rochenmuskeln allgemein den ganz ausnahmsweisen Harnstoffgehalt zusprechen dürfe. Jetzt, wo das Fleisch wenigstens von acht Selachierarten untersucht ist, wo die Untersuchung bei den nächst verwandten Fischspecies in dieser Hinsicht durchaus negative Ergebnisse lieferte, darf man sich wohl schon eher berufen halten, den reichen Gehalt der Muskeln an Harnstoff als eine Eigenthümlichkeit der Rochen und Haie anzusehen.

Da, wie *Lossen*[1]) jüngst nachgewiesen hat, die Salze (speciell die salpetersaure und oxalsaure Verbindung) des Guanidins in ihren Eigenschaften den entsprechenden des Harnstoffs so täuschend ähnlich sind, daß sie von *Béchamp*, *E. Ritter* und anfangs auch von *Lossen* für Harnstoffverbindungen gehalten wurden, schien es mir nothwendig, den aus den Selachiermuskeln erhaltenen salpetersauren Harnstoff durch kohlensaures Barium zu zersetzen, um den reinen Körper auf seine Eigenschaften prüfen zu können. Ich zerlegte in dieser Weise das salpetersaure Salz,

---

[1]) *Lossen, F.*, Guanidin, ein Oxydationsproduct des Eiweißes; Beitrag zur Frage der Harnstoffbildung. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 201. 1880. S. 369—376.

welches ich durch Verreiben mit Salpetersäure aus dem Verdampfungsrückstande des alkoholischen Extractes der Muskeln von Squatina vulgaris gewonnen hatte. Die so isolirte Substanz zeigte alle für den Harnstoff charakteristischen, chemischen (Verhalten beim Erwärmen; Biuretreaction am Rückstande; Zersetzung des oxalsauren Salzes unter Ammoniakentwicklung beim Eindampfen seiner wässrigen Lösung u. s. w.) wie krystallographischen Eigenschaften, so daß jetzt kein Zweifel mehr darüber bestehen kann, daß in den Organen der Selachier thatsächlich Harnstoff und nicht etwa Guanidin vorkommt.

Der Harnstoffgehalt der Selachiermuskeln sowie der des electrischen Organs von Torpedo ist außerordentlich bedeutend. Aus der Muskelmasse zweier fußlanger Exemplare von Torpedo marmorata erhielt ich 6 gr. salpetersauren Harnstoff und genau dieselbe Menge aus den electrischen Organen dieser Thiere. Aus den Muskeln einer kaum 1 1/2 Kilo schweren Squatina vulgaris gewann ich 10 gr. reinen Harnstoff; an kaum gelblich gefärbten salpetersaurem Harnstoff erhielt ich aus den Muskeln je eines Exemplars von Mustelus lævis 13 gr., von Scyllium canicula 10 gr., von Acanthias vulgaris 8 gr. und aus denen eines sehr kleinen Exemplares von Myliobates aquila 0,65 gr.

Als ich den Harnstoff in den Muskeln der den Haien und Rochen ihrer Organisation nach am nächststehenden Fischarten vermißt hatte — wider Erwarten z. B. in der Skelet- und Darmmuskulatur des Störs —, hegte ich noch einige Hoffnung, ihn in den Muskeln solcher Fische zu finden, welche sich den Selachiern, obschon diesen organisatorisch ferner stehend, doch in ihrer Lebensweise und durch ihre Raubgier am meisten nähern. So erwartete ich, denselben reichen Harnstoffgehalt der Muskeln bei Lophius piscatorius anzutreffen, aber so sehr ich in den bei schwacher Erwärmung concentrirten alkoholischen und wässrigen Extracten

der Muskeln dieses exquisiten Raubfisches auch auf Harnstoff fahndete, — war derselbe darin nicht nachzuweisen.

In Uebereinstimmung mit *Helmholtz*[1]) und *Grohé*[2]) vermißte ich den Harnstoff in dem alkoholischen Auszuge der Schenkelmuskeln von Rana temporaria. Auf Zusatz von sehr wenig reiner Salpetersäure entsteht in dem eingedickten alkoholischen Extracte der Froschmuskeln bei anhaltendem Umrühren eine weiße Ausscheidung, welche bei oberflächlicher Betrachtung dem sich in dem eingedampften alkoholischen Auszuge des Selachierfleisches auf Salpetersäurezusatz ausscheidenden salpetersauren Harnstoffe auffallend ähnlich ist. Wie aber die mikroskopische Beobachtung lehrt, ist diese Ausscheidung nicht krystallinisch, sondern besteht aus einem flockigen Gerinnsel (vielleicht aus einem Eiweißstoffe), das bei Zusatz mehrerer Tropfen Salpetersäure wieder in Lösung geht. Dieses durch Salpetersäure in dem eingedickten alkoholischen Auszuge des Froschfleisches hervorgerufene Gerinnsel oder, wie *Grohé* glaubt, ein Gemisch von krystallisationsfähigen Stoffen (Kreatinin, Kreatin und Salpeter) wurde von *Moleschott*[3]) für Harnstoff gehalten.

Die Spuren von Harnstoff, welche man bisweilen aus den Muskeln von Krebsen (z. B. aus den Hummermuskeln) gewinnt, entstammen sicherlich dem Blute, welches sich aus den Muskeln nicht vollkommen entfernen läßt. Daß das Krebsblut wie das der Insecten geringe Mengen von Harnstoff enthält, ist schon von *Jolyet* und *Regnard* gefunden. Aber weder in den eingedickten alkoholischen Extracten der Muskeln von Krebsen (Pa-

---

[1]) *Helmholtz, H.*, Ueber den Stoffverbrauch bei der Muskelaction. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1845. S. 79.

[2]) *Grohé, Fr.*, Ueber die Bestandtheile des Froschfleisches. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 85. 1853. S. 233—245.

[3]) *Moleschott, J.*, Arch. f. physiol. Heilkunde. 1852. S. 493.

linurus, Homarus, Squilla, Astacus), Scorpionen[1]) (Buthus occitanus) und Mollusken (Eledone, Carinaria, Doris etc.), noch in den bei 50° C. stark concentrirten alkoholischen Auszügen der Gewebe von Anthea cereus und der Schirmmuskulatur von Aurelia aurita vermochte ich Harnstoff durch anhaltendes Verreiben des Verdampfungsrückstandes mit concentrirter Salpetersäure nachzuweisen.

Ein zweiter Punkt, der die Analyse des Fischfleisches für die Chemie der contractilen Gewebe als wichtig erscheinen läßt, ist das Vorkommen von Kreatinin in den Skeletmuskeln einiger Fische. Das Kreatinin geht nicht leicht in kalten Alkohol über, läßt sich dagegen den Geweben durch Auskochen mit Alkohol fast vollständig entziehen. Dieses Verhalten benutzte ich zum Nachweis von möglichenfalls in den Muskeln präformirt vorhandenem Kreatinin. Wenn, wie bei dem von mir geübten Verfahren, das frische Fleisch, fein zerschnitten, in starkem Weingeist conservirt, der Alkohol abgepreßt und das Fleisch darauf sofort mit neuem Alkohol ausgekocht wird, dann können unmöglich am Fleische Veränderungen eingetreten sein, durch welche ein Theil seines Kreatingehaltes in Kreatinin umgewandelt wurde. Durch *Sarokin*[2]) wissen wir, daß der Kreatiningehalt sauer reagirender, zuvor todtenstarr gewordener Froschmuskeln von dem alkalisch

---

[1]) Beiläufig sei in Bestätigung einer Angabe von *J. Davy* (Transact. of the r. soc. of Edinburgh. T. XXI. 1857. S. 547) erwähnt, daß die von mir untersuchten stecknadelkopfgroßen Excremente sowohl von Buthus occitanus wie bei Scorpio murensis aus reinstem Guanin bestanden. Das Guanin hatte sich in amorpher Form ausgeschieden; mit Salpetersäure auf einem Porzellandeckel abgedampft, hinterblieb ein gelber Fleck, der sich auf Zusatz von Natronlauge dunkel orangeroth färbte und bei weiterem Erwärmen einen purpurvioletten Rückstand hinterließ. Anwesenheit von Harnsäure in den Excrementen gab sich durch die Murexidprobe bei keinem der beiden Scorpione zu erkennen.

[2]) *Sarokin*, Beitrag z. Physiologie des Muskelstoffwechsels. Arch. f. path. Anat. Bd. 28. 1863. S. 544—551.

reagirender nicht nennenswerth abweicht, daß dagegen der Kreatiningehalt eines tetanisirten Froschmuskels auf Kosten seines Kreatins ums dreifache anwachsen kann; mir lieferten ferner die Muskeln mindestens einen Tag lang abgestorbener Rindsembryonen viel Kreatin, aber keine nachweisbare Menge von Kreatinin. Aus diesen Untersuchungen muß der Schluß gezogen werden, daß man in andauernd thätig gewesenen Muskeln zwar immer Kreatinin finden, dieses aber in ruhenden Muskeln, welche in alkalischem Zustande frei von Kreatinin sind, auch nach eingetretener Todtenstarre bei saurer Reaction vermissen oder nur in Spuren antreffen wird. Nach dem genannten Verfahren stellte ich aus dem Fleische mehrerer Fischarten, in einzelnen Fällen so große Mengen reinen Kreatinins dar, daß man diese Befunde jedenfalls nicht als durch die Todtenstarre bedingt ansehen kann.

Als besonders reich an Kreatinin erwiesen sich die schwach meergrün gefärbten Muskeln des leider höchst seltenen Luvarus imperialis. Ueber den Kreatiningehalt des kalt angefertigten, alkoholischen Extractes des Fleisches dieses Fisches vermag ich nichts auszusagen, da dasselbe zur Untersuchung auf Harnstoff, von dem nichts darin nachzuweisen war, vollständig verbraucht wurde. Der durch Aether entfettete Rückstand des heißen alkoholischen Auszuges dieser Fischmuskeln bestand aber fast ausschließlich aus Kreatinin, welches sich in perlmutterglänzenden Flitterchen ausgeschieden hatte und sehr schwach bräunlichgelb gefärbt war. Ich gewann aus den in Arbeit genommenen 1 1/2 Kilo blassen Muskelfleisches nahezu 5 gr. krystallisirtes Kreatinin. Mein Präparat löste sich sehr leicht und vollständig in kaltem Wasser, in kalter Natronlauge (mit gelblicher Farbe), sowie in kalter Salpeter- und Schwefelsäure; sehr wenig war es dagegen löslich in kaltem Alkohol. Die wässrige Lösung ließ auf Zusatz von Silbernitrat nur eine sehr unbedeutende Menge von beigemischten Chloriden erkennen und wurde durch Kupfervitriol, Eisenchlorid,

Zinnchlorür, concentrirte Kochsalzlösung, essigsaures Quecksilber, Quecksilberoxydulnitrat, oxalsaures Ammon, Barythydrat, Jodquecksilberkalium, Kaliumchromat und Kaliumdichromat nicht gefällt. Quecksilberchlorid, Chlorzink, Bleinitrat und Aluminiumsulfat gaben weiße Niederschläge resp. Trübungen. Nur der durch Chlorzink hervorgerufene Niederschlag zeigte sich krystallisirt, und zwar in Form der bekannten Chlorzinkkreatinindrusen, welche zum Theil sehr groß und schön ausgebildet waren; die durch die übrigen Metallsalze in der Kreatininlösung entstandenen Fällungen erwiesen sich unter dem Mikroskope als amorph, obgleich auch sie aus Metallverbindungen des Kreatinins bestanden haben werden. Der Aschengehalt des Präparates ist ein ganz minimaler.

Das bei 40° C. auf dem Wasserbade eingedampfte und zur Krystallisation mehrere Wochen kalt gestellte Wasserextract der zuvor mit Alkohol ausgezogenen meergrünen Luvarusmuskeln war, wie sich durch das Mißlingen der *Weyl*'schen Reaction (mit Nitroprussidnatrium) und durch Zusatz von Chlorzinklösung zu einem Theile des Auszuges feststellen ließ, frei von Kreatinin, aus ihm schied sich aber reichlich Kreatin — in dem Wasserextracte der halben Menge des mit Alkohol zuvor ausgezogenen Fleisches 0,45 gr. reinstes, schwefel- (Prüfung auf Taurin) und aschenfreies Kreatin in sehr schönen und großen, schwach grünlich gefärbten Krystallen — ab, von welchem ich einen Theil mit Salzsäure abdampfte und so das Kreatin (außer an seiner typischen Krystallform direct) auch mittelbar als Kreatininchlorzink sicher erkennen konnte. In dem Wasserextracte der mit großer Sorgfalt rein präparirten „rothen", hämoglobinhaltigen Muskeln von Luvarus imperialis fehlte das Kreatin gleichfalls nicht, Kreatinin ließ sich darin aber nicht nachweisen. Wegen des sehr abweichenden anatomischen Verhaltens des roth und weiß gefärbten Muskelfleisches bei Luvarus und Pelamys[1]) scheint mir der Umstand,

[1]) Bei *Luvarus* sind stets nur bestimmte Muskeln verschieden ge-

daß ich das Kreatinin in den Verdampfungsrückständen der heiß angefertigten alkoholischen Auszüge von den isolirten und der Untersuchung getrennt unterworfenen rothen wie weißen Muskelstücken von Pelamys sarda sowohl durch die *Weyl*'sche Reaction als in seiner Verbindung mit Chlorzink zu erkennen vermochte, nicht den Schluß zu rechtfertigen, daß sich Kreatinin voraussichtlich auch in dem rothen Fleische von Luvarus finden werde.

Der Kreatiningehalt der heißen alkoholischen Extracte der Muskeln von Pelamys war gering und die wässrigen Auszüge lieferten davon direct nichts; erst nachdem diese längere Zeit mit Salzsäure erhitzt waren, schieden sich auf Chlorzinkzusatz Kreatinin-Chlorzinkkrystalle daraus ab, wodurch der Nachweis des Kreatins in den rothen wie in den weißen Muskeln von Pelamys sarda ebenfalls erbracht ist.

Auf gleiche Weise wies ich ferner das Kreatinin sowohl in dem kalt wie in dem heiß angefertigten alkoholischen Auszuge von dem Fleische des Thunfisches (Thynnus vulgaris) nach, in welchem mir das Vorkommen des Kreatins zweifelhaft blieb. Die Verdampfungsrückstände der alkoholischen Auszüge dieses Fischfleisches wurden mit Wasser aufgenommen und mit dem wässrigen Auszuge des Fleisches gemischt; die Fleischflüssigkeit wurde darauf mit neutralem und basisch essigsaurem Blei versetzt, das Blei als Schwefelblei entfernt und die entbleite Flüssigkeit auf dem Wasserbade bei 40° C. hinreichend concentrirt. Ein Drittel des Verdampfungsrestes wurde direct mit Chlorzink

---

färbt und deshalb die rothen von den blassen leicht zu sondern, während bei *Pelamys sarda* eine compacte, tutenförmig eingerollte Muskelmasse stellenweise verschieden geröthet ist, sodaß sich die mehr oder weniger rothen Partien der Muskelbündel nicht ohne Zerreißen der Muskelfasern trennen lassen. Das Nähere darüber enthalten meine „Vergl.-physiol. Studien an den Küsten der Adria". IV. Abth. Beiträge z. Anat. u. Physiol. von Luvarus imperialis.

versetzt. Die übrigen zwei Drittel wurden mit Salzsäure eingedampft, der Rückstand in wenig Wasser heiß gelöst und darauf bei neutraler Reaction mit Chlorzink versetzt. Nach 3 bis 4 Wochen langem Stehen betrug das Gewicht des Chlorzinkkreatinins, welches sich aus der erstgenannten Portion abgeschieden hatte, 0,02 gr., das von dem aus der zweiten Menge gewonnenen 0,05 gr. Hieraus scheint mir hervorzugehen, daß auch im zweiten Falle alles als Chlorzinkdoppelsalz erhaltene Kreatinin in der Lösung als solches präformirt war und nicht erst beim Abdampfen der Lösung mit Salzsäure aus Kreatin entstanden ist.

Der Gehalt an Kreatinin ist nicht, wie es nach diesen Befunden den Anschein haben könnte, eine Eigenthümlichkeit des Fleisches der Scomberoïde. Auch aus den heißen alkoholischen Auszügen des Fleisches von Conger vulgaris und von Crenilabrus pavo schied sich Kreatinin nach vorausgegangener Behandlung mit Aether in perlmutterglänzenden Flittern ab und ließ sich durch sein Verhalten zu Chlorzink wie durch die *Weyl*'sche Reaction erkennen. Aus dem zur Untersuchung verwandten Congerfleische erhielt ich 0,5 gr. Kreatinin.

Ich vermißte das Kreatinin in dem Fleische von Trigla hirundo, Lophius piscatorius, Acipenser sturio, Petromyzon fluviatilis, Amphioxus lanceolatus sowie in allen von mir untersuchten Selachiermuskeln. Sein Fehlen in den alkoholischen wie in den wässrigen Fleischextracten von Caranx trachurus und Lichia amia beweist, daß es auch nicht im Fleische jedes Scomberoïden zu finden ist. Für Amphioxus und für die Minderzahl der untersuchten Selachier, wo die intensive Färbung der Extracte die Ausführung der *Weyl*'schen Reaction nicht gestattete, gründen sich meine Angaben zwar nur auf das Ausbleiben der directen Chlorzinkfällung in einer concentrirten Probe der Extracte; in den übrigen Fällen ergaben aber beide Reactionen auf Kreatinin ein negatives Resultat.

Soweit meine Erfahrungen reichen, scheint das Kreatin der constanteste Bestandtheil des Fischfleisches zu sein. Wie erwähnt, blieb mir sein Vorkommen im Fleische von Thynnus vulgaris zweifelhaft, und aus dem nämlichen dafür angegebenen Grunde vermochte ich sein Vorkommen in den Muskeln von Conger vulgaris und Crenilabrus pavo nicht festzustellen. Nur im Fleische von Lichia amia vermißte ich, trotzdem ich davon etwa 1/2 Kilo verarbeitete, das Kreatin wie das Kreatinin.

Kreatin wurde von mir gefunden und nach den üblichen Methoden nachgewiesen in dem Fleische von Petromyzon fluviatilis und aller Selachier (Scyllium canicula, Mustelus vulgaris und lævis, Acanthias vulgaris, Squatina angelus; Torpedo marmorata, Myliobatis aquila); viel davon fand ich in den Muskeln von Trigla hirundo, und, wie bereits mitgetheilt wurde, in den rothen wie in den weißen Muskeln von Pelamys sarda. Außer den blassen Muskeln von Luvarus imperialis war die Skeletmuskulatur von Acipenser sturio sehr reich an Kreatin; aus den in Arbeit genommenen Störmuskeln erhielt ich 1,3 gr. schwefel- und aschenfreies Kreatin. Der Nachweis des Kreatins in der Darmmuskulatur von Acipenser und im Fleische von Ammocœtes branchialis gelang mir nicht, vielleicht aber nur wegen der unzureichenden Menge an Material; es standen mir zwei große Stördärme und zwölf Ammocöten, jeder von durchschnittlich 4 gr. Gewicht, zur Verfügung.

Aus den wässrigen Auszügen des Fleisches aller von mir in dieser Beziehung geprüften Rochen und Haie schied sich das Kreatin in crocusgelben Krystallaggregaten ab, mit einer farbigen Verunreinigung, der ich bei keiner anderen Fischart begegnete. Bei keinem Haie und Rochen vermißte ich das Kreatin gänzlich; ein oder mehrere Centigramme gewann ich aus jeder Fleischportion dieser Fische, doch scheint der Kreatingehalt des Selachierfleisches im Allgemeinen geringer als der des Fleisches vom Stör und von

den Knochenfischen zu sein. Auch in dem electrischen Organe von Torpedo marmorata fand ich Kreatin, während ich, entgegen der Angabe von *M. Schultze*, weder im alkoholischen noch im wässrigen Auszuge desselben Kreatinin durch Chlorzinklösung oder durch die *Weyl*'sche Reaction nachweisen konnte[1]).

Meine früheren Bestrebungen, Kreatin oder Kreatinin durch Chlorzink in dem contractilen Gewebe irgend eines Wirbellosen nachzuweisen, waren durchaus erfolglos gewesen. Da sich meine an Crustaceen gewonnenen Ergebnisse mit den Angaben von *Fremy* und *Valenciennes* im Widerspruch befanden, so versäumte ich nicht, mir eine größere Quantität des Fleisches dieser Thiere zu verschaffen, um daran die Untersuchung von Neuem aufzunehmen. Ich untersuchte deshalb dieses Mal etwa 3/4 Kilo reines Hummerfleisch und die möglichst sorgfältig präparirte Schwanz- und Scheerenmuskulatur von mehr als vierzig meist großen Flußkrebsen. In keinem der eingedickten, durch Bleiacetat von Phosphaten gereinigten Wasserextracte dieser Krebsmuskeln schieden sich nach dem Eindampfen mit Salzsäure, Auflösen des Rückstandes in wenig heißem Wasser auf Chlorzinkzusatz innerhalb fünf bis sechs Wochen Krysallaggregate aus, welche denen des Chlorzink-Kreatinins mikroskopisch irgendwie geglichen hätten. Ebensolche Untersuchungen führte ich später an dem Fleische von 50 bis 60 Squilla mantis aus und gelangte dabei zu den nämlichen negativen Resultaten. Ich halte mich demnach für überzeugt, daß weder Kreatin noch Kreatinin in den von mir darauf untersuchten Krebsmuskeln vorkommt. Außerdem

[1]) Nach *Hoppe-Seyler* (Medic.-chemische Untersuchungen. Heft III. 1868. S. 411) ist das electrische Organ von Torpedo auch sehr reich an Lecithin. Durch Extration des electrischen Organs mit 10 procentiger Chlornatriumlösung und Versetzen des Filtrates mit viel Kochsalz in Substanz oder beim Einträufeln des Filtrates in destillirtes Wasser versuchte ich vergeblich, ein Myosingerinnsel zu erhalten.

versuchte ich neuerdings wieder, Kreatin resp. Kreatinin in den Muskeln mehrerer Mollusken (Eledone moschata, Carinaria mediterranea, Doris tuberculata etc.), in den Schirmmuskeln von drei großen Aurelia aurita, in mehreren Pfunden von Anthea cereus und Suberites massa und in den Hautmuskelschläuchen, welche ich 15 bis 20 Sipunculus nudus entnommen hatte, nachzuweisen; stets vermißte ich aber, wie bei meinen früheren Versuchen, die beiden gesuchten Stoffe in den Geweben der Wirbellosen vollständig.

Obgleich es nöthig ist, die chemische Untersuchung besonders der Würmermuskeln an einem ebenso großen Materiale, welches ich mir jüngst von Krebsfleisch verschafft hatte, zu wiederholen, um versichert zu werden, daß das Kreatin und Kreatinin in den contractilen Gebilden auch dieser Wirbellosen durchaus fehlen, so war es doch schon bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse von der chemischen Zusammensetzung des Fleisches verschiedenartigster Thiere gewiß vom höchsten Interesse, zu erfahren, wie sich in dieser Beziehung das seiner Organisation nach am tiefsten in der Wirbelthierreihe stehende Wesen, der Amphioxus lanceolatus, verhält.

Das Gewicht der zu meinen Untersuchungen verwandten Amphioxen betrug, nachdem der Alkohol, in welchem sie sich befunden hatten, abgepreßt war, 220 gr. Der darauf mit Wasser ausgekochte Preßrückstand wog 115 gr. Weder in dem wässrigen Auszuge des abgedampften alkoholischen Extractes, noch in der wässrigen Auskochung der Fischchen war Glycogen durch Jod nachzuweisen; auch gelatinirte der wässrige, ohne Zusatz von Essigsäure angefertigte Auszug beim weiteren Eindampfen nicht. Wegen seiner bräunlichgelben Färbung erlaubte der durch directe Wasserextraction aus den Amphioxen und der wässrige Auszug des alkoholischen Verdampfungsrückstandes, welche gemischt mit den Bleisalzen behandelt waren, keine Prüfung auf Kreatinin mit-

telst der *Weyl*'schen Probe; etwa ein Viertel des auf dem Wasserbade concentrirten wässrigen Extractes wurde aber mit Chlorzinklösung versetzt, und aus ihm schied sich im Verlauf mehrerer Wochen kein Kreatinin-Chlorzink ab, so daß Kreatinin darin nicht enthalten gewesen sein wird. Der Rest des concentrirten Wasserextractes wurde mit Salzsäure — anfangs über freiem Feuer, schließlich auf dem Wasserbade — eingedampft; der Rückstand in wenig heißem Wasser gelöst und die Lösung mit Chlorzink versetzt. Innerhalb einiger Wochen hatten sich daraus 0,55 gr. reines Kreatinin-Chlorzink in ausnehmend großen Drusen abgeschieden, wodurch der endgültige Nachweis des Kreatins in dem Fleische von Amphioxus geliefert ist. Der Nachweis des Kreatins bei Amphioxus dürfte um so willkommener sein, als bei diesem Fische, nicht nur in Betreff des Vorkommens leimgebender Substanzen[1]), sondern auch über das Vorkommen des Hämoglobins und der Gallenbestandtheile höherer Thiere[2]) diametral entgegengesetzte Meinungsverschiedenheiten herrschen.

Außer Kreatinin-Chlorzink erhielt ich aus diesen Fischchen 0,055 gr. salpetersaures Hypoxanthinsilber, welches ich weiterhin in salpetersaures Hypoxanthin überführte, so daß der erhaltenen

---

[1]) Nach *Hoppe-Seyler* (Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer und niederer Thiere. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. XIV. 1877. S. 400) „enthält Amphioxus kein leimgebendes Gewebe, welches allen Wirbelthieren und außerdem den Cephalopoden (? !), aber keiner anderen Abtheilung wirbelloser Thiere eigen ist". Dagegen hat *A. Schneider* (Beiträge zur vergl. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Berlin. 1879. S. 4) wohl nicht mit Unrecht eingewendet, „daß man bei Anwendung größerer Mengen von Amphioxussubstanz vielleicht doch noch Leim gewinnen kann. Denn die Fasern (in der Umgrenzung des Blutraumes der Myocommata), welche man für leimgebend halten möchte, bilden einen verhältnißmäßig geringeren Theil des Körpers als bei anderen Wirbelthieren".

[2]) Vergl. *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Studien a. d. Küsten der Adria. II. Abth. S. 61.

Menge wegen auch an der Präexistenz dieses Stoffes im Amphioxusfleische nicht gezweifelt werden kann; obgleich aber sowohl der neutrale wie der basisch essigsaure Bleiniederschlag aus der Fleischflüssigkeit durch Filtration gut zu entfernen waren, so fehlte in letzterem, welcher sich nur in der Kälte ausschied, beim Erwärmen der Fleischbrühe sich dagegen wieder löste, der Inosit doch vollständig, wenigstens war er weder mikroskopisch, noch durch die *Scherer*'sche Probe nachweisbar. Der auf Alkoholzusatz in der Flüssigkeit entstandene Niederschlag bestand aus schwefel- und stickstoffhaltigen albuminösen Stoffen.

Wie bei Amphioxus vermißte ich den Inosit auch in dem Fleische sämmtlicher anderer Fische, trotzdem, wie ich bereits oben bemerkte, nicht nur der aus den Fleischsäften der meisten Selachier, sondern auch der aus den Fleischflüssigkeiten einiger Knochenfische abgeschiedene basisch essigsaure Bleiniederschlag unvermischt mit der durch Zusatz von neutralem essigsaurem Blei in dem Fleischsafte entstandenen Fällung untersucht werden konnte.

Bei Fortsetzung meiner Versuche, welche den Zweck verfolgten, die Verbreitung des Inosits im Thierreiche festzustellen, erwiesen sich die Schenkelmuskeln von Rana temporaria und esculenta wie das Fleisch der Fische frei davon.

Um von der Abwesenheit des Inosits im Froschfleische hinreichend überzeugt zu werden, verwandte ich, nachdem ich vorher mit kleineren Portionen gearbeitet hatte, eine große Menge möglichst rein präparirter, von Haut, Knochen, größeren Nervenstämmen und Blutgefäßen befreiter, Schenkelmuskeln, welche zweifelsohne vorzugsweise Wasserfröschen (Rana esculenta) entnommen waren. Von den käuflichen, hier gewöhnlich in leinenen Tüchern trocken aufbewahrten, frischen Froschschenkeln läßt sich mühelos eine ansehnliche Fleischmenge gewinnen. Das Gewicht des Froschfleisches, welches zu meinen Untersuchungen

diente, betrug 1130 gr.; nach der Extraction mit Wasser (16 Stunden bei 5—12° C. und 1 Stunde bei 48—50° C.) restirten davon noch 320 gr. Da auf Zusatz von neutralem essigsaurem Blei die Fleischflüssigkeit stark milchig wurde und auch nach mehrstündigem Erwärmen auf dem Wasserbade kein klares Filtrat lieferte, so blieb als einziges Mittel, welches eine weitere Untersuchung ermöglichen konnte, übrig, den Fleischsaft, mit Kohlenpulver versetzt, auf dem Wasserbade zum Kochen zu erhitzen und siedendheiß zu filtriren. Es gelang so in der That ein klares Filtrat zu erhalten und, da der kohlehaltige Rückstand mit viel Wasser zweimal ausgekocht wurde, wohl auch ohne nennenswerthe Gefahr, etwas an vorhandenem Inosit zu verlieren. Um in dieser Beziehung ganz sicher zu sein, daß selbst geringe Quantitäten von Inosit beim Erwärmen der Lösung mit Kohlenpulver nicht von diesem zurückgehalten werden, kochte ich einen Theil (etwa 0,03 gr.) des aus Schildkrötenfleisch gewonnenen Inosits anhaltend mit viel Thierkohle, filtrirte heiß und fand ohne wahrnehmbaren Substanzverlust den Inosit, reiner als er zuvor gewesen, im Filtrate wieder. Bei Untersuchung der Schenkelmuskeln von über 30 Wasserfröschen — bei Verwendung einer Masse von Fleisch, wie sie mir von Rindsembryonen, in denen ich den Inosit nie vermißte[1]), kaum zu Gebote gestanden hatte —, wo die Behandlung der bleisalzhaltigen Fleischflüssigkeit mit Kohle unterblieb, fehlte gleichfalls in dem durch Schwefelwasserstoff entbleiten basisch essigsauren Bleiniederschlage jede Spur von Inosit. Durch die Summe dieser Versuchsresultate halte ich mich versichert, daß der Inosit im Frosch- wie im Fischfleische fehlt.

Aus dem mit neutralem essigsaurem Blei versetzten wässrigen Auszuge des Fischfleisches scheidet sich auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei in der Kälte meist ein sehr bedeutender

[1]) Vgl. *Krukenberg*, Vergl.-physiol. Beitr. z. Chemie d. contractilen Gewebe. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. III. S. 216 ff.

gelblich gefärbter Niederschlag ab, welcher sich ganz oder theilweise beim Erwärmen der Flüssigkeit wieder löst. Um das Fehlen des Inosits im Fischfleische außer Zweifel zu stellen, habe ich wiederholt den sich auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei sowohl in der Kälte bildenden Niederschlag, als auch den unbedeutenden, bei Siedetemperatur ungelöst bleibenden Theil desselben gesondert, aber stets mit negativem Erfolge, auf Inosit geprüft. Bei der Untersuchung des Froschfleisches begegnete ich diesen Verschiedenheiten nicht. Es entstand auf Zusatz von basisch essigsaurem Blei eine unbedeutende Fällung, welche sich bei anhaltendem Kochen nicht löste, heiß abfiltrirt und auf Inosit mikroskopisch wie mittelst der *Scherer*'schen Probe untersucht wurde, davon aber nichts aufwies. Auch nach halbtägigem Stehen bei circa 0° C. bildete sich in dem, von dem Bleiniederschlage getrennten Filtrate kein Bodensatz, welcher möglichenfalls aus Inositblei hätte bestehen können.

Wie schon *Grohé* wußte, ist das Froschfleisch reich an Kreatin resp. an Kreatinin. Ich gewann aus den in Arbeit genommenen 1130 gr. ein Gramm Kreatininchlorzink. Auch Hypoxanthin fehlte darin nicht; ich erhielt aus derselben Fleischportion 0,07 gr. salpetersaures Hypoxanthinsilber.

Ziemlich viel Inosit, welcher sich in verhältnißmäßig großen und farblosen Krystallen aus dem Fleischsafte abgeschieden hatte, fand ich in den Extremitätenmuskeln von Testudo marginata. Die Muskeln dieser Schildkröte, welche durch ihren Reichthum an Inosit chemisch so sehr dem Herzmuskel der Säugethiere gleichen, sind auffallend roth gefärbt, während sie bei anderen Arten (z. B. bei Emys europæa) ähnlich denen der Wasserfrösche sehr blaß erscheinen. Die von mir untersuchte Muskelmasse war nicht sehr bedeutend; sie entstammte zwei frisch getödteten Schildkröten, und das Gewicht betrug nach Extraction mit kaltem Alkohol 110 gr. Außer Inosit, dessen Vorkommen

in den Schildkrötenmuskeln mir in Hinsicht auf die Abwesenheit dieses Körpers in allen darauf geprüften Fisch- und Amphibienmuskeln vergleichend-physiologisch von besonderem Belang zu sein scheint, enthielt das Fleisch viel Kreatin (= 0,42 gr. Kreatininchlorzink) und Hypoxanthin (= 0,052 gr. salpeters. Hypoxanthinsilber). Präformirtes Kreatinin ließ sich darin durch Extraction der Muskeln mit siedendem Alkohol nicht nachweisen. Auch Harnstoff war in den alkoholischen Auszügen durch Salpetersäure nicht zu entdecken[1]).

In den Muskeln oder in anderen Organen von Wirbellosen ist Inosit bislang nicht aufgefunden[2]). Aethalium septicum,

[1]) Von Reptilienmuskeln wurde seither nur das Alligatorfleisch von *Schloßberger* (Chemische Untersuchung der Muskeln eines Alligators. Ann. d. Chem. und Pharmac. Bd. 49. 1844. S. 341—346) auf seine näheren organischen Bestandtheile untersucht. *Schloßberger* gibt an, darin Kreatin gefunden zu haben, ohne daß es ihm jedoch möglich war, diese Substanz an ihrer Krystallform oder durch die charakteristische Kreatinreaction sicher zu erkennen. *Pagenstecher* und *Carius* (Verhandl. d. naturhist. Vereins zu Heidelberg. Bd. III. 1868. S. 129) fanden im Alligatorfleische eine größere Menge von Harnsäure, welche schon früher (vergl. *Liebig*'s Jahresbericht der Chemie für 1849. Gießen. 1850. S. 531), nadelförmig abgelagert, in den Alligatormuskeln aufgefunden war. Diesen beiden unabhängig von einander gemachten Beobachtungen gegenüber verliert der Einwand *Meißner*'s (Zeitschr. f. rationelle Medicin. Bd. 31. 1868. S. 156), daß es sich vielleicht um kranke Thiere gehandelt habe, etwas an Berechtigung. Mir ist es nicht unwahrscheinlich, daß, ähnlich wie sich im Fleischsafte der Selachier so colossale Massen von Harnstoff anhäufen, in den Muskeln gewisser Reptilien Harnsäure aufgestapelt wird.

[2]) Neben Harnstoff und Kreatin *(Munk)* findet sich allerdings nach *Heintz* der Inosit auch in der Echinococcusflüssigkeit. Aber wie in gleicher Weise schwer zu entscheiden ist, ob der in den Muskeln der Rindsembryonen in reichlicher Menge auftretende Inosit ein Product der embryonalen oder der mütterlichen Gewebe ist, so bleibt es auch in diesem Falle zweifelhaft, ob der gefundene Inosit dem *Echinococcus* oder dem Wirthe entstammt, wie denn überhaupt die Frage schwer zu beantworten ist, ob nicht aller bei Thieren angetroffene Inosit aus der Pflanzenkost herrührt und von einzelnen thierischen Geweben nur ausnehmend fest gebunden wird.

Suberites massa, Sagartia troglodytes, Anthea cereus sowie die Muskeln von Aurelia aurita, von Sipunculus nudus, von verschiedenen Krustaceen (Homarus vulgaris, Astacus fluviatilis, Palinurus vulgaris, Squilla mantis) und Mollusken (Helix pomatia, Doris tuberculata, Tethys fimbria, Carinaria mediterranea, Ostrea edulis) habe ich mit durchaus negativem Erfolge auf Inosit gründlich untersucht. Um so auffallender war für mich, daß das aus den musculösen Armen von etwa 15 bis 20 kleinen Eledone moschata bereitete Wasserextract auffallend reich an Inosit war, während der kalt angefertigte alkoholische Auszug dieser Organe viel Taurin (über 1,25 gr.) enthielt. Etwa 0,02 gr. Inosit hatten sich in den charakteristischen Plättchenformen ausgeschieden und gaben in ausgezeichneter Weise die *Scherer*'sche Reaction. Das Taurin war als solches durch seine Krystallform ohne Weiteres zu erkennen; außerdem erwieß es sich bei der Schmelze mit schwefelfreier Soda und schwefelfreiem Salpeter als schwefel- und beim Glühen mit Natronkalk als stickstoffhaltig. Beim Verbrennen auf dem Platinblech hinterließ es keine nennenswerthe Menge anorganischer Beimischungen.

Dem Taurin der Form nach sehr ähnliche lange Krystallnadeln schieden sich beim Erkalten aus dem Verdampfungsrückstande des alkoholischen Extractes ab, welches ich von 38 großen Ackerscorpionen (Buthus occitanus) angefertigt hatte. Die Scorpione waren mir in Tunis, frisch eingefangen, lebend überbracht und, durch Chloroform betäubt, fein zerschnitten in absolutem Alkohol aufbewahrt. Harnstoff fehlte, wie ich durch Behandlung mit Salpetersäure erkannte, in dem alkoholischen Verdampfungsrückstande vollständig; auch bestanden die erwähnten Krystalle, welche nach dem Glühen auf dem Platinbleche keine Asche hinterließen, nicht aus Kreatin oder Kreatinin; es werden Taurinkrystalle gewesen sein, was aus Mangel an Material aber nicht genügend

festgestellt werden konnte. Diesen ganz gleiche Krystallnadeln, welche wohl auch aus Taurin bestanden, zu dessen sicherer Erkennung die erhaltene Menge aber ebenfalls nicht ausreichte, fanden sich in den concentrirten alkoholischen Extracten der electrischen Organe von Torpedo und in der Darmmuskulatur vom Stör. Der Verdampfungsrückstand des wässrigen Auszuges der Stördärme zeigte sich reichlich von Tyrosin durchsetzt, welches wahrscheinlich von der Darmmucosa aus dem Verdauungsraume aufgenommen war. Weder in den Extracten der Gewebe von Cölenteraten (Suberites, Sagartia, Anthea, Aurelia), noch in den wässrigen oder alkoholischen Auszügen der Krebsmuskeln machte sich mir die Gegenwart des Taurins bemerkbar.

Das Hypoxanthin fehlt, wie die bedeutenden Quantitäten, welche ich davon aus Anthea cereus (0,04 gr. salpetersaures Hypoxanthinsilber) und dieses Mal auch aus den Hummermuskeln [1]) gewann, beweisen, in den contractilen Geweben der Wirbellosen nicht durchweg. Es scheint aber, worauf die sehr verschiedenen Mengen, welche ich davon aus dem Fleische ein und derselben Fischart oder nahe verwandter Formen erhielt, gleichfalls hindeuten, kein constanter Bestandtheil des Fleisches zu sein. Auffallend wenig Hypoxanthin [2]) fand ich in den Muskeln der Selachier sowie des Störs und in dem electrischen Organe von Torpedo. In dem Fleische von Squilla mantis fehlte Hypoxanthin vollständig.

[1]) Hypoxanthin wurde neben Spuren von Xanthin auch von *Ph. Schreiner* (Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1871. S. 763) in Melolontha gefunden.

[2]) Einer Wiederholung bedarf die Untersuchung der Fischmuskeln auf Xanthin; nach *Almén* (Vierteljahrsschrift d. naturf. Gesellsch. in Zürich. Bd. VI, 3) scheint darin nur Hypoxanthin und kein Xanthin vorzukommen, obgleich auch letzteres als Bestandtheil des Fischfleisches von *Scherer* erwähnt wird. Mir hat sich in Fischfleisch nie etwas von Xanthin bemerkbar gemacht.

Tabellarische Uebersicht

der Ergebnisse vorstehender Versuche über das Vorkommen des Harnstoffs, Kreatins, Kreatinins, Inosits, Hypoxanthins und Taurins in den Muskeln von Fischen, Fröschen und Schildkröten.

(+ bedeutet gefunden, 0 nicht gefunden. Unterblieb die Prüfung auf die betreffende Substanz, so ist die Rubrik unausgefüllt gelassen.)

	Harnstoff.	Kreatin.	Kreatinin.	Hypoxanthin.	Inosit.	Taurin.
Leptocardii.						
Amphioxus lanceolatus	0	reichlich	0	reichlich	0	0
Cyclostomi.						
Ammocœtes branchialis	0	?		Spuren	0	
Petromyzon fluviatilis	0	+		+	0	0
Selachii.						
Scyllium canicula	+	+	0		0	0
Mustelus vulgaris	+	+	0	+	0	0
Mustelus lævis	+	+	0		0	0
Acanthias vulgaris	+	+	0			0
Squatina vulgaris	+	+	0	reichlich	0	0
Torpedo marmorata (Muskeln)	+	+	0	0	0	0
Torpedo marmorata (Electr. Organ)	+	+	0	Spuren	0	Spuren (?)
Myliobatis aquila	+	+	0	wenig		0

Ganoidei.

	Harnstoff.	Kreatin.	Kreatinin.	Hypoxanthin.	Inosit.	Taurin.
Acipenser sturio (Skeletmuskulatur)	0	sehr reichlich	0	Spuren	0	0
Acipenser sturio (Darmmuskeln)	0	?	0	+	0	Spuren (?)
Teleostei.						
Conger vulgaris	0	+	+	0		0
Cyprinus carpio		+	0	+	0	0
Crenilabrus pavo	0	?	+		0	0
Perca fluviatilis		+	0	+	0	0
Trigla hirundo	0	+	0	sehr viel	0	0
Thynnus vulgaris	0	?	+	viel	0	0
Pelamys sarda (Weiße Skeletmusk.)	0	+	+	+	0	0
Pelamys sarda (Rothe Skeletmusk.)	0	+	+	+	0	0
Luvarus imperialis (Weiße Skeletmusk.)	0	sehr reichlich	sehr reichlich	+	0	0
Luvarus imperialis (Rothe Skeletmusk.)	0	+	0	wenig	0	0
Caranx trachurus	0	wenig	0		0	0
Lichia amia	0	0	0	Spuren	0	0
Lophius piscatorius	0	wenig	0	+	0	0

Batrachia.

	Harnstoff.	Kreatin.	Kreatinin.	Hypoxanthin.	Inosit.	Taurin.
Rana temporaria	0	reichlich		+	0	+?
Rana esculenta		reichlich		viel	0	0

Chelonia.

	Harnstoff.	Kreatin.	Kreatinin.	Hypoxanthin.	Inosit.	Taurin.
Testudo marginata	0	reichlich		viel	+	0

Die entscheidenden Punkte dieser Arbeit lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Inosit findet sich nicht nur in den quergestreiften Muskeln von Säugethieren und Vögeln, sondern auch reichlich in den Skeletmuskeln von Schildkröten (Testudo marginata).

2. Der Inosit wurde im Fleische der verschiedensten Fische sowie in den Schenkelmuskeln der Frösche stets vermißt.

3. Der Inosit ist in seinem Vorkommen nicht auf die Wirbelthiere und auf die Pflanzen beschränkt, sondern findet sich auch neben viel Taurin in den muskulösen Armen der Cephalopoden (Eledone moschata).

4. Der reiche Harnstoffgehalt der Muskeln ist eine Eigenthümlichkeit der Selachier (Rochen und Haie); er findet sich weder bei Amphioxus, Ammocœtes, Petromyzon, Acipenser und Knochenfischen der verschiedensten Gruppen und Familien (Conger, Lophius etc.), noch in den Muskeln der Batrachier (Rana), Reptilien, Vögel, Säuger und der darauf geprüften Wirbellosen.

5. Das Fleisch von Amphioxus und Petromyzon gleicht, soweit es sich bestimmen läßt, in seiner Zusammensetzung den Muskeln vieler Knochenfische und unterscheidet sich dadurch

chemisch ganz bestimmt von den contractilen Geweben der wirbellosen Thiere.

6. Die Skeletmuskulatur des Störs nähert sich durch ihren bedeutenden Kreatingehalt in ihrer chemischen Zusammensetzung den Muskeln vieler Knochenfische und unterscheidet sich durch die Abwesenheit des Harnstoffs von allen in dieser Hinsicht untersuchten Selachiermuskeln (Scyllium canicula, Mustelus vulgaris und lævis, Acanthias vulgaris, Squatina vulgaris, Torpedo marmorata, Myliobatis aquila, Raja batis).

7. Das Hypoxanthin ist kein constanter Bestandtheil des Fischfleisches; das Fleisch mancher Selachier enthält nur wenig davon.

8. Auch in den contractilen Geweben von Wirbellosen (Homarus vulgaris, Anthea cereus) findet sich Hypoxanthin; sein Vorkommen in diesen ist aber gleichfalls inconstant.

9. Das Kreatin ist nach den vorliegenden Untersuchungen ausschließlich in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere und zwar bei Vertretern aller Wirbelthierclassen als ein nahezu (nur bei Lichia amia sicher vermißt) constanter Bestandtheil vorhanden.

10. Kreatinin findet sich präformirt in dem Fleische von Fischen (Conger vulgaris, Crenilabrus pavo, Thynnus vulgaris, Pelamys sarda, Luvarus imperialis), welche im Systeme sehr verschiedenen Familien (Muræniden, Labriden und Scomberiden) angehören.

Nachtrag.

Nach Abschluß der im Vorhergehenden mitgetheilten Untersuchungen wies mich Herr Geheimerath *Kühne* gütigst darauf hin, daß besonders die Ochsenzunge eine Prüfung auf die näheren organischen Bestandtheile verdiene; denn diese unterscheide sich nicht nur durch ihren eigenthümlichen Geschmack von den übrigen Muskeln, sondern theile auch, abweichend von den anderen quergestreiften Muskeln, mit der Herzmuskulatur die Zusammensetzung aus verästelten Fasern.

Die große Zunge eines frisch geschlachteten Ochsen wurde von dem locker aufliegenden Theile der Mucosa, den Zungenbeinmuskeln und dem anhängenden Fettgewebe befreit, auf einer Fleischhackmaschine zerkleinert und das Fleisch (1030 gr.) mit Wasser 12 Stunden lang macerirt und eine Stunde bei 48 bis 50° C. digerirt. Der ausgepreßte und angesäuerte Fleichsaft wurde in einem Blechgefäße zum Sieden erhitzt; der Preßrückstand der Zunge wog 525 gr. Die gekochte Fleischflüssigkeit wurde mit neutralem essigsaurem Blei versetzt, der Niederschlag abfiltrirt und das durchaus klare Filtrat mit basisch essigsaurem Blei gekocht. Das dabei entstandene braune Präcipitat ließ sich leicht auf einem Filter sammeln und wurde, gesondert von dem Niederschlage, welcher sich nachträglich beim Erkalten aus dem Filtrate abschied, auf Inosit untersucht. Obgleich beide — sowohl die beim Kochen als die in der Kälte nach basisch essigsaurem Bleizusatz entstandene — Fällungen durch ihre gelbbraune Farbe sehr an Inositblei im Aussehen erinnerten, können sie von Inosit doch nur höchstens Spuren enthalten haben. In Krystallen schied sich aus den entbleiten und

concentrirten basisch essigsauren Bleiniederschlägen auf Alkohol- wie Aetherzusatz kein Inosit ab, und nur ein einziges Mal schien mir die mit der flockigen Alkoholfällung oft wiederholte *Scherer*'sche Reaction Spuren von Inosit anzuzeigen. Der Fleischsaft war aber reich an Kreatin und an Kreatinin. Genau ein Drittel des Saftes wurde neutralisirt und direct mit Chlorzinklösung versetzt. Nach 1—2 Wochen hatten sich daraus 0,09 gr. Kreatinin-Chlorzink-krystalle abgeschieden. Die übrigen zwei Drittel wurden mit Salzsäure anhaltend gekocht und auf dem Wasserbade so lange erwärmt, bis die Salzsäure vollständig entwichen war. Aus diesen schied sich 0,55 gr. Kreatinin-Chlorzink z. Th. in sehr großen Sphäroïden ab. Ob das im ersten Falle nachgewiesene Kreatinin in den Zungenmuskeln als solches enthalten oder erst bei der Verarbeitung des Fleisches aus Kreatin entstanden war, muß ich vorläufig unentschieden lassen. Außerdem gewann ich aus dem Zungenfleische 0,21 gr. salpetersaures Hypoxanthin-Silber.

Bei Behandlung von 140 gr. trockenen, zuvor mit kaltem Alkohol extrahirten Congerfleisches mit Barytwasser[1]) statt mit essigsaurem Blei krystallisirte in dem eingedickten Filtrate reichlich Kreatin (etwa 0,5 gr.) aus: das Kreatin fehlte also auch den Muskeln dieses Fisches nicht; Inosit war aber selbst durch Fällen der, durch Barytwasser von den Phosphaten gereinigten und, mit dem 3- bis 4fachen Volum kochenden Alkohols zum Sieden erwärmten Fleischbrühe nach mehrmaligem Reinigen des Niederschlages durch Wiederholung dieses Verfahrens weder mikroskopisch noch durch die *Scherer*'sche Probe nachzuweisen. Das in gleicher Weise auf

[1]) Die Methode der Barytfällung bietet bei Untersuchungen des Fischfleisches unter anderen den Vortheil, daß man stets einen klaren Fleischsaft erhält; es bleiben aber leimartige Substanzen in der Brühe, welche, indem die concentrirte Flüssigkeit in der Kälte rasch zu einer Gallerte erstarrt, die Krystallisation des Kreatins sehr beeinträchtigen. Bei Zimmertemperatur verflüssigte sich jedoch bei meinen Versuchen die Gallerte regelmäßig wieder, sodaß das ausgeschiedene Kreatin leicht abfiltrirt werden konnte.

Inosit untersuchte Fleisch von Mustelus lævis und Luvarus imperialis erwies sich ebenfalls frei davon.

Auch nach der Barytmethode behandelt, lieferten 1020 gr. reinen Schenkelfleisches von den bekannten großen ungarischen Fröschen viel Kreatin und Hypoxanthin, aber nach dem Alkoholverfahren keinen Inosit. Bei Filtration der, mit der 3- bis 4 fachen Menge Alkohols siedendheiß versetzten Fleischflüssigkeit schieden sich büschelförmig gruppirte Krystallnadeln aus, welche beim Glühen keine Asche hinterließen, beim Abdampfen mit verdünnter Salzsäure kein Kreatinin (weder nachweisbar durch die *Weyl*'sche Reaction, noch durch Zusatz von Chlorzinklösung) lieferten und demnach nicht aus Kreatin, höchst wahrscheinlich aber aus Taurin bestanden. In der, nach der Barytmethode verarbeiteten Brühe der Herzen von etwa hundert ungarischen Fröschen gelang mir, sicherlich der immerhin geringen Fleischmasse wegen, weder der Nachweis des Kreatins und Hypoxanthins, noch der des Inosits.

1881

Ueber electrische Vorgänge im Sehorgane.

Von

W. Kühne und **J. Steiner.**

(Mit 13 Holzschnitten und Taf. 3 u. 4.)

Unter den objectiven Zeichen des Erregungszustandes nehmen electrische Vorgänge eine so hervorragende Stelle ein, daß man schwer begreift, wie der Strom der Electrophysiologie so lange an den Sinnesorganen vorbeigehen konnte, wo jedes an die Stelle subjectiver Effecte tretende Erkenntnißmittel besonders willkommen erscheinen mußte. Es ist keine Uebertreibung, wenn behauptet wird, die Sinneslehre werde eine physiologische erst von der Zeit an, da man über die nervösen Vorgänge, welche in den peripheren Organen vor dem Beginne des psychischen Actes vollendet sind, etwas wissen könne. Um so merkwürdiger ist es, daß die unzweideutigsten Zeichen objectiver und electrischer Natur an einem der vornehmsten Sinnesorgane entdeckt werden konnten, ohne mehr als beiläufige Theilnahme bei Physiologen oder Aerzten erweckt zu haben und daß es eines vollen Decenniums bedurfte, bis man aufhörte, die auf Belichtung im Auge erfolgenden electrischen Stromschwankungen zu ignoriren und dieselben zu verwerthen begann. Wir könnten eine Reihe verbreiteter Lehrbücher nennen, welche jener von *Holmgren* entdeckten Thatsachen gar nicht gedenken, andere, welche ihrer nur beiläufig erwähnen, und wissen außer einer den Gegenstand direkt behandelnden, ebenfalls meist übergangenen englischen Veröffentlichung keine Untersuchung über das Sehen anzuführen, die darauf Bezug nähme. Niemand scheint

z. B. nur daran gedacht zu haben, welche Stütze der Lehre von den positiven Sehempfindungen nach beendeter Belichtung schon in *Holmgren*'s Beobachtungen enthalten war und wenn man irgendwo etwas von der Begeisterung für die electrophysiologische Untersuchung des Auges wiederfinden wollte, welche lange vorher aus der kurzen Erzählung des frühesten darauf zielenden, freilich erfolglos gebliebenen Versuchs bei *du Bois-Reymond* zu vernehmen war, so würde man vergeblich suchen.

Auch wir sind erst seit der deutschen Publication *Holmgren*'s in diesen „Untersuchungen"[1]) in die Lage gekommen, auf jene Arbeiten so einzugehen, wie es an dieser Stelle geschehen wird, nachdem wir bei früherer Gelegenheit zwar den Druck jener Uebersetzung und Erweiterung der älteren Arbeit abgewartet, die unsrige[2]) aber bereits in experimenteller Beziehung gänzlich, in redactioneller bis auf die nothwendigsten Herrn *Holmgren* schuldigen Einschiebungen abgeschlossen hatten. Inzwischen haben wir uns auch von der vollkommenen Selbstständigkeit der 1874 erschienenen Untersuchungen von *Dewar* und *M'Kendrick*[3]) überzeugt und erfreulichen Anlaß gefunden, denselben gerechter zu werden.

Die genannten um 11 und 7 Jahre zurückliegenden Untersuchungen über Bulbus- oder Retinaströme sind, abgesehen von sprachlichen und äußeren Schwierigkeiten, denen ihre Verbreitung unterlag, vermuthlich deßhalb so wenig beachtet worden, weil entweder das gewählte Object für zu verwickelt, oder die beobachteten Erscheinungen für zu geringfügig und schwer demonstrirbar gehalten wurden. Seit wir indeß mit Zahlen die erstaunlichen und überaus regelmäßigen electrischen Wirkungen der isolirten

[1]) Vergl. Bd. III. S. 278.

[2]) Ibid. S. 327.

[3]) On the Physiological action of light. Transact. of the R. Soc. of. Edinburgh. Vol. XXVII. p. 141.

Retina zu belegen vermochten, wird auf einen Umschlag dieser Meinungen zu hoffen sein und um denselben zu begünstigen, ist es zweckmäßig, zunächst der Zuverlässigkeit und der außerordentlichen Empfindlichkeit unseres Objectes, sowie der Sicherheit der Beobachtungsmittel das Wort zu reden.

Nach mehrjähriger Vertrautheit mit der Untersuchung der Retinaströme dürfen wir behaupten, daß die im Folgenden zu behandelnden Erscheinungen mit erheblich größerer Evidenz durch ganz andere, wuchtigere numerische Daten festzustellen sind, als man es bei derartigen Beobachtungen, wenigstens an Nerven gewohnt ist und daß deren Constanz mit allen an Muskeln und Nerven constatirten Thatsachen electrischer Natur mindestens wetteifert, der Art, daß unter tausenden von Versuchen kaum sog. Ausnahmen oder Regelwidrigkeiten auftauchen und gar nicht vorkommen, wenn Präparate zweifelhaften Herkommens, unbekannter Frische oder ungenügender Herstellung und namentlich ungenaue Einschaltung zwischen die ableitenden Electroden vermieden werden, eine Sicherheit, welche in Rücksicht auf die allerdings vorhandene, vergleichsweise zu Muskeln und Nerven größere Veränderlichkeit mancher Netzhäute besonders schätzbar ist. Hinsichtlich der Empfindlichkeit des Objectes wissen wir im Voraus, daß Jeder, der das Gebiet unter Beachtung weniger, fast selbstverständlicher, den Lichtschutz vorwiegend betreffender Vorsichtsmaßregeln betritt, die gewagtesten Erwartungen übertroffen finden wird, da das Galvanometer mit der Retina verbunden nahezu jede Lichtspur anzeigt, die er selber wahrnimmt. Fügen wir hinzu, daß des Purpurs gänzlich beraubte Netzhäute, an denen der Anblick nicht die geringsten Veränderungen durch Licht mehr zu erkennen vermag, sich am Galvanometer noch lange unfehlbar erweisen, während andererseits zum Sehen thatsächlich untauglich gewordene Netzhäute keine electrischen Vorgänge auf Lichtzutritt oder -Entziehung darbieten, so dürfte die bisherige un-

verdiente Zurücksetzung des Studiums der electrischen Erscheinungen im Sehorgane anderer Auffassung weichen.

Vorrichtungen und Beobachtungsweise.

Hinsichtlich des verwendeten Galvanometers, der Tangentenbussole mit Spiegel und Fernrohrablesung, astasirtem, aperiodisch beweglichem Magneten verweisen wir auf unsere schon citirte Abhandlung. Die Dunkelströme wurden in der Regel vor den Belichtungen compensirt, zuweilen, wenn der Strom sehr schwach oder rasch veränderlich war und die Veränderlichkeit zwischen den Belichtungen verfolgt werden mußte, nicht compensirt. Bei beständigerem Strome wurde die Leitung zum Objecte im Laufe einer Versuchsreihe häufig gesperrt, um den Nullpunkt zu corrigiren, besonders an Tagen mit stärkeren Schwankungen der Declination. Die meisten Versuche wurden Vormittags bei durchschnittlich recht beständiger Declination ausgeführt. Daß die Thonstiefelelectroden oft auf Ungleichartigkeit geprüft und die Ausgleichung durch längeres Geschlossenbleiben bewirkt wurde, braucht kaum angeführt zu werden. Da sich Belege finden werden, daß die Widerstände der Präparate wenig wechselten, sind im Allgemeinen nur die durch die Ablenkungen des Magneten direkt ermittelten Schwankungen der Intensität verzeichnet, auf welche sich die Beobachtung rascher Schwankungen ohnehin zu beschränken hatte. Nur bei den während der Belichtung länger anhaltenden Ablenkungen wurde auch die Aenderung der electromotorischen Kraft durch das Compensationsverfahren gemessen, ebenso die *E. K.* der Dunkelströme. Während wir früher die Belichtung gewöhnlich nach Beendigung der ersten Ablenkungen meist schnell unterbrochen hatten, haben wir jetzt, wo es thunlich war, das Licht länger wirken lassen, gewöhnlich 15—20 Secunden, in einzelnen Fällen, wo die Constanz der die anhaltende Beleuchtung begleitenden Ausschläge Interesse hatte, 30—60 Secunden und länger

Da das Einstellen und Ablesen am Compensator und das Notiren der Ausschläge am Fernrohre in ungenügendem Lichte beschwerlich werden, wurde das Galvanometer mit Zubehör im hellen Zimmer aufgestellt, während die Electroden und Belichtungsvorrichtungen in einem direkt benachbarten Dunkelzimmer vollkommenster Einrichtung, wohin die sorgfältig isolirten Leitungen durch eine Holzwand führten, Platz fanden. Kleine Klappen in der Wand unterhielten den mündlichen Verkehr zwischen beiden Räumen. Alle Präparationen geschahen vor rein rothem Lichte, einzelne, besonders angeführte Fälle ausgenommen. Wo nicht Anderes ausdrücklich bemerkt wird, ist nur von Präparaten die Rede, welche mindestens zwei Stunden vor dem Tode im Dunkeln gehaltenen Thieren entnommen wurden.

Zur Ableitung der Präparate dienten die bekannten Thonstiefelelectroden, jedesmal, wenn sie die Retina selbst, den Glaskörper oder die Linse berührten, mit den a. a. O. beschriebenen vorbereiteten Froschlungen überzogen. Bei Versuchen am ganzen Auge wurde dieses mit der Cornea auf ein horizontales Diaphragma aus Hartgummi gelegt, dessen Bohrung von einem niedrigen kreisförmigen Thonwalle umrahmt worden und von dem Spiegel in der Trommel eines älteren *Oberhæuser*'schen Mikroskops Licht erhielt. Der schwere Fuß des Instrumentes bildete nach Entfernung des Körpers ein sehr solides Gestell zur Anlegung der Thonstiefel einerseits für die Cornea an den Thonring, andrerseits an die hintere Fläche der Sclera oder an den Stumpf des N. opticus.

Dem Einwande, daß thermische Erscheinungen oder Wirkungen unsichtbarer Wärmestrahlen statt solcher sichtbaren Lichtes Täuschungen herbeiführten, nochmals zu begegnen, scheint nicht überflüssig, schon weil uns selbst gelegentlich wieder Mißtrauen in dieser Richtung aufstieg. Im Allgemeinen verwendeten wir das Licht eines 50—75 Ctm. von den Electroden entfernten Gas-Argand-Brenners, dessen Effecte aber nicht die geringste Aen-

derung nach Einschaltung einer 18 Ctm. betragenden Wasserschicht erfuhren. Nach dem Durchgange durch starke, aus grünem und cobaltblauem Glase combinirte Plattensätze nahm natürlich die Wirkung der Intensitätsverringerung entsprechend ab, ohne jedoch unerheblich zu werden. Andererseits konnte ein außen berußter, mit siedendem Wasser gefüllter Literkolben oder ein im Dunkeln gerade nicht mehr sichtbar glühender kupferner Löthbolzen dem Präparate auf 1 Ctm. genähert werden, ohne daß sich das Scalenbild im Fernrohre verschob, und es schien sogar, daß in dieser Entfernung wenigstens nur eine durch Unterschieben der Wärmequelle unter die Electroden erzeugte Erwärmung Ausschläge erzeugte. Dieselben betrugen niemals mehr als 4 Scalentheile, zeigten in der Regel positive Stromesschwankungen an, auch wo Licht sonst negative ergeben hätte und unterschieden sich von allen durch Licht bewirkten durch langes Anhalten und das Fehlen jäher Rückschläge nach Entfernung des Anlasses. Dieselbe Indolenz gegen Wärmestrahlen wurde an Netzhäuten bemerkt, die reich an Fuscin oder mit Pigmentepithel bedeckt waren.

I. Untersuchungen am Froschauge.

A. Stromschwankungen an der isolirten Retina.

Zahlreiche Wiederholungen unserer Versuche an diesem Objecte bestätigten die darüber schon gemachten Mittheilungen so vollkommen, daß wir jetzt auch die frühere reservirte Form der die Beleuchtung von der Stäbchenseite betreffenden Darstellung fallen lassen dürfen, denn es ist die Orientirung der Retina zwischen den Electroden für das Sichtbarwerden der Schwankungen in der That eben so gleichgültig, wie die eines Nerven, wenn man nur die Punkte größerer Spannungsdifferenz beibehält. Dies kann selbstverständlich scheinen; man möge aber erwägen, daß die Retina gewöhnlich nur von einer Seite mit der ganzen Fläche, von der andern in möglichst geringer Ausdehnung abgeleitet wird,

um hier Licht zulassen zu können, wobei Unterschiede, je nachdem die spitze Electrode die Faser- oder die Stäbchenseite berührte, nicht von vornherein für unmöglich gelten konnten. Ferner war es etwas anderes, ob das Licht auf dem natürlichen Wege von vorn oder nach einer intraretinalen, die gewöhnlichen Verhältnisse bei Seite setzenden Brechung zu den ihrem Orte nach uns noch gänzlich unbekannten Gewebselementen trat, auf die es beim Sehacte oder für die electrischen Vorgänge ankommt. Außerdem hatten wir Ursache ausgedehntere Erfahrungen über die Erfolge der rückseitigen Netzhautbeleuchtung abzuwarten, weil die dazu erforderliche Einschaltung des Präparates erheblich schwieriger ist, als die umgekehrte. Die von der Pars ciliaris begrenzte Netzhaut legt sich nämlich mit der Stäbchenseite wie von selbst über die halbkuglige Lungenfläche der unteren Electrode, worauf der Glaskörper abfließt; dagegen muß man ihr einigen Zwang anthun, um die Faserseite nach unten zu bringen und häufig ringsum nachhelfen, sowohl um den Glaskörper aus der flachen Kuppel abrinnen zu lassen, als um die sich zur Faserseite einrollenden Ränder so zu glätten, daß bis zur Peripherie nur die negative Stäbchenseite oben liegt. Wird dies genügend beachtet, so fallen die Resultate denen der Belichtung von vorn vollkommen gleich aus und es ist selbst nicht schwierig, dies mehrfach an derselben Netzhaut festzustellen, indem man die Membran abzieht und wendet.

Je frischer das Präparat und je vorsichtiger es isolirt und ausgebreitet worden ist, desto größer ist im Allgemeinen der Dunkelstrom und um so mächtiger werden die Schwankungen in den 3 Momenten des Kommens, des Bleibens und des Erlöschens des Lichtes. Wegen des fast regelmäßigen ersten raschen Sinkens des Dunkelstromes ist es kaum möglich, die Schwankungen von Anfang an so erfolgen zu lassen, daß man ein deutliches Bild davon gewinnt und außerdem empfingen wir den Eindruck,

als ob die ersten Belichtungen dieselben immer rasch förderten, wie wenn das von andern erregbaren Geweben bekannte merkwürdige „Ansprechen“ auch für die Retina gelte. Obschon der erste Dunkelstrom die Prognose auf die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit des Präparats stellen läßt, haben wir doch kein gesetzmäßiges Verhältniß des jeweiligen Dunkelstromes zu den Schwankungen wahrnehmen können, sondern diese sowohl bei kaum erkennbarer Wirkung in der Dunkelheit, als bei verkehrt gewordenem Strome ihrer Natur und Größe nach unverändert gefunden.

Das Bild der Schwankungen ist dieses: mit dem plötzlichen Kommen des Lichtes entwickelt sich die erste positive rasch bis zu ihrem Maximum und folgt darauf mit jähem Rückschlage die negative, ebenfalls mit solcher Geschwindigkeit ihr Ende fast erreichend, daß die Zahlen der Scala gerade erkennbar vorüber wandern; bald darauf bleibt das Bild unbewegt 20—30 Sec., bei sehr guten Präparaten minutenlang und schlägt bei plötzlichem Erlöschen des Lichtes mit derselben Geschwindigkeit, wie bei den beiden ersten Ausschlägen durch den Nullpunkt und darüber hinaus zurück, um endlich etwas langsamer den Nullpunkt zu erreichen; vergl. Fig. 1. Da der Abschnitt *c d* die erste positive Schwankung *b c* in der Regel übertrifft, so haben wir denselben früher schon als negative Schwankung benannt und diese ist gewöhnlich so bedeutend, daß das Verhältniß am geeignetesten ausgedrückt wird, indem man *b c* als positiven Vorschlag zu *c d* bezeichnet.

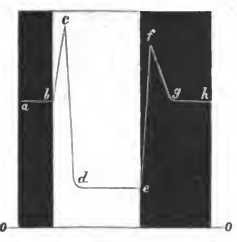


Fig. 1.

Wo die negative Schwankung mäßig, der Dunkelstrom aber klein ist (Fig. 2 *A*), tritt mit dem Kommen des Lichtes sogleich nach dem Vorschlage Umkehr des Stromes ein, die während der

Dauer der Belichtung anhält; dieselbe ist übrigens auch bei Dunkelströmen mittleren Werthes und großen Schwankungen sehr häufig; vergl. Fig. 2 *B*.

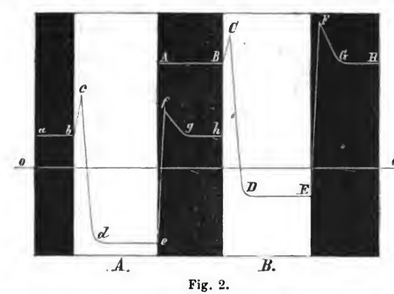


Fig. 2.

Außer diesen ächten negativen Schwankungen kommen solche vor, welche richtiger als Decremente der ersten positiven bezeichnet werden; das Bild (Fig. 3) dieses Verhaltens ist zwar das seltenere, wird aber so vorwiegend von den allerfrischesten und dauerhaftesten Präparaten erhalten, daß wir es für das den normalen Verhältnissen im Auge am nächsten kommende halten müssen, wofür noch gewichtige Gründe mitzutheilen bleiben.

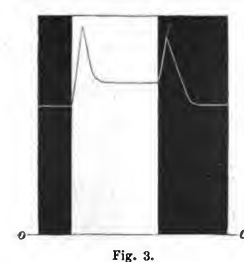


Fig. 3.

Ueber die Größenverhältnisse der beiden positiven Schwankungen ist z. Zt. kaum eine Regel anzugeben: das Bild fällt bald zu Gunsten der ersten Schwankung, bald umgekehrt aus, aber unzweifelhaft erhält sich die zweite mit dem Erlöschen des Lichtes auftretende am längsten. Schwache und minimale erste positive Schwankungen, auf welche nach dem Ablauf der negativen noch sehr kräftige positive folgen, sind etwas ungemein Häufiges. Dennoch pflegt im Anfange die erste + S. zu überwiegen, worauf sich das Verhältniß zunächst umkehrt, um mit dem Zunehmen der negativen wieder das Anfangsbild hervortreten zu lassen. Wir haben indeß auch größere positive Schlußschwankungen auf sehr bedeutende negative und auf starke Stromumkehr folgen gesehen (vergl. Fig. 4).

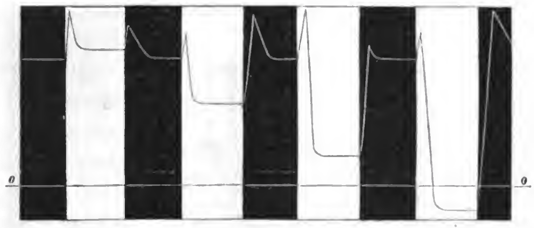


Fig. 4.

Im Allgemeinen nehmen die Schlußschwankungen bei steigendem Dunkelstrom ersichtlich zu, bei abnehmendem ab, aber man ist dann oft über ihre wahre Größe im Zweifel und wird namentlich wo es sich darum handelt festzustellen, ob das Phänomon überhaupt noch vorhanden ist oder nicht, die Fälle vorziehen, wo das Fehlen bei steigendem, die Anwesenheit bei sinkendem Dunkelstrome zu erkennen sind; vergl. Fig. 5. Sinkt der Dunkelstrom schnell und tief genug, so kann die positive Schlußschwankung auch den Anschein eines Decrements der während

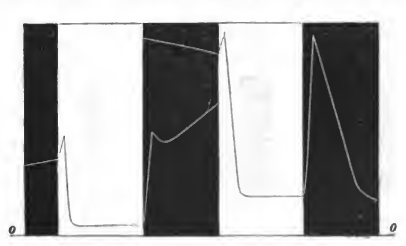


Fig. 5.

der Beleuchtung vorangegangenen negativen annehmen, aber es steht dieser Auffassung, wenigstens für den Frosch und abgesehen von den nahezu todten Netzhäuten der Umstand entgegen, daß die negative Schwankung erstens ganz plötzlich aufhört, wenn die Beleuchtung abbricht und daß der Dunkelstrom darauf zweitens nicht allmählich weiter sinkt, sondern erst, nachdem er plötzlich um einen großen Bruchtheil abgenommen hat (vergl. Fig. 6 *A*). Nur wo diese Erscheinungen fehlen und die Curve der negativen Schwan-

kung wie schleichend wieder zurückgeht, wird man sagen können, daß der Eintritt der Dunkelheit keine besondere Reaction hervorrufe; wirklich ereignet sich dies während des Schwindens der letzten Erregbarkeitsreste und an allen Netzhäuten sämmtlicher Thiere (vergl. Fig. 6 *B*).

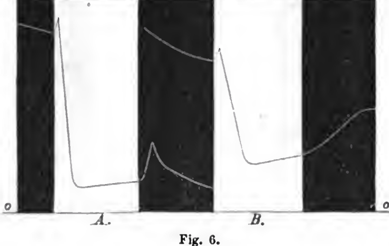


Fig. 6.

In unserer ersten Abhandlung (Bd. III, S. 354) wurde erwähnt, daß die Netzhäute im Leben belichteter Augen sowohl direkt, wie nach mehrstündigem Dunkelaufenthalte bei 0° entweder einen äußerst geringen positiven Vorschlag beim Kommen des Lichtes oder nur eine negative Schwankung zeigten. Demselben Verhalten begegneten wir fast bei der Hälfte der jüngst verwendeten Winterfrösche trotz tagelangem Dunkelaufenthalte in geheizten Räumen, mehr bei großen als bei kleinen Thieren und kürzlich an den soeben hervorkriechenden, sehr trägen Frühjahrsexemplaren mit auffallend trockener Haut. Anders als an den vorgenannten absterbenden Netzhäuten (Fig. 7 *A*) besteht die Erscheinung hier bei kräftigem und haltbarem Dunkelstrome *(B)* und weicht auch die negative, mit constanter Größe während minutenlanger Belichtung anhaltende Schwankung erst der kräftigen positiven Schwankung am Eintritte der Dunkelheit.

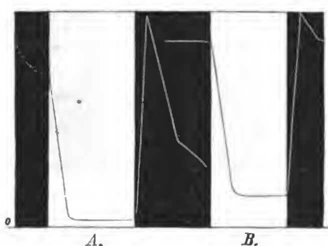


Fig. 7.

Soll endlich noch das Verhältniß der negativen Schwankung zu ihrem positiven Vorschlage bezeichnet werden, so darf als

Regel hingestellt werden, daß dieselbe, sei es als Decrement des Vorschlages, sei es als echte Stromabnahme auftretend, um so größer ausfällt, je kleiner der erste Stromzuwachs beim Kommen des Lichtes ist. Am imposantesten tritt sie dem entsprechend in allen den Netzhäuten auf, wo die erste positive Schwankung am meisten den Namen des Vorschlages verdient, vollends, wo man über diesen im Zweifel ist, oder wo ein solcher wirklich fehlt, also in dem auf zahlreiche Weisen herstellbaren Zustande, der unter den Winterfröschen so häufig ist.

Die vorstehende Uebersicht wird genügen, von der Mannichfaltigkeit der Erscheinungen eine Vorstellung zu geben und irrigen Meinungen zu begegnen, welche sich aus Erfahrungen über ein geringeres Material entwickeln könnten. Wer z. B. die Froschretina ausschließlich im Winter untersuchte, könnte leicht auf den Gedanken kommen, dieselbe verhalte sich der aller übrigen Thiere gleich, während dies, um es vorgreifend zu erwähnen, in Wahrheit so unzutreffend ist, wie es *Holmgren* schon von den Bulbusströmen ausgehend erwiesen hat.

a. Gesetz der constanten Spannungsänderung.

Mit diesem Namen kann eine an allen bisher untersuchten Netzhäuten der verschiedensten Thierclassen trotz zahlreicher sonstiger Differenzen des electromotorischen Verhaltens ansnahmslos gefundene, für jedes Erregbarkeitsstadium und für jede Belichtungsart gültige Gesetzmäßigkeit benannt werden, welche kurz diese ist: Der Wechsel der Richtung des Dunkelstromes ist ohne Einfluß auf Eintritt, Folge, Verlauf und Größe der photoelectrischen Schwankungen, aber diese erhalten sämmtlich entgegengesetzte Vorzeichen.

Es wurde schon erwähnt, daß der Dunkelstrom anfänglich in der Regel rasch, dann langsamer sinke, ohne wesentliche Folgen für die Schwankungen. Das Sinken kann jedoch bis zum

Stromwerthe 0 gehen, ohne daß hierin eine Aenderung eintritt; sobald das Sinken im Dunkeln aber zu kaum wahrnehmbarer Umkehr des Stromes führt, nimmt dieser Strom durch Licht erst ab, dann zu, durch Lichtentziehung abermals ab, bei jeder Abnahme bis zur Umkehr. Die drei Schwankungen sind also der Reihe nach statt + — + jetzt — + — geworden, oder sie liegen über der Abscissenaxe 0, nachdem sie dieselbe geschnitten, genau so, wie vorher. Nimmt die Stromumkehr weiter zu, so daß der neugerichtete Strom, wie oft geschieht, die Werthe des normalen erreicht, so fällt das graphische Bild der Schwankungen unter Bewahrung vollkommener Congruenz mit dem früheren gänzlich unter die Abscisse. Vergl. Fig. 8.

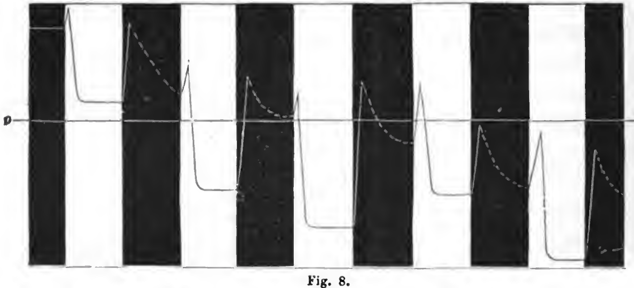


Fig. 8.

Welches die Ursache der Stromumkehr sei, ist augenblicklich nicht zu sagen; wir sahen dieselbe zu allen Jahreszeiten, freilich häufiger im Winter, sehr häufig bei den großen ungarischen Fröschen entstehen, fanden sie aber auch nicht selten an den frischesten Netzhäuten. Oft pflegt der Strom nach einiger Zeit im Dunkeln oder nach einigen Belichtungen wieder normale Richtung anzunehmen; in andern Fällen trat die Umkehr im Laufe der Versuche an einer Netzhaut vorübergehend auf und wiederholte sich, nachdem der alte Strom inzwischen wieder erschienen war. Am häufigsten dürfte die Erscheinung an abster-

benden oder ermüdeten Präparaten sein, wo auf keine Rückkehr des normalen Stroms mehr zu hoffen ist.

Das Gesetz der Umkehr der Erregungsschwankungen durch Wenden des Dunkelstromes bedeutet offenbar, daß die Rück- und Vorderfläche der Netzhaut im erregten Zustande unter allen Umständen immer denselben Spannungsdifferenzen zutreiben, welche Spannungen auch vor dem Belichten bestanden, oder daß die Stäbchenseite ganz unabhängig von der Richtung des Dunkelstromes 1. mit dem Beginne der Belichtung, bei normalem Strome, stärker negativ, bei verkehrtem, weniger positiv bis negativ, — 2. während der Dauer des Lichtes, normal, weniger negativ bis positiv, verkehrt, positiver, — 3. mit Entziehnng des Lichtes, bei richtigem Strome, wieder negativer, bei falschem, weniger positiv bis negativ wird gegen die Faserseite. Oder:

Stäbchenseite
(gegen Faserseite.)

	Normal	Verkehrt
Im Dunkeln:	—	+
1. Licht kommend:	stärker —	schwächer + bis —
2. Licht bleibend:	schwächer — bis +	stärker +
3. Licht fort:	stärker —	schwächer + bis —

Das Gesetz gewährt einen hoch schätzbaren praktischen Vortheil, indem es den Beobachter des Galvanometers in den Stand setzt, nach Ablauf einer einzigen Belichtung sofort zu wissen: 1. wie die Retina zwischen den Electroden orientirt worden, 2. ob sie richtigen oder verkehrten Dunkelstrom habe, — oder ad. 1 zu entscheiden, auch wenn gar kein Strom vorhanden ist. Wie sicher man sich des Vortheils bedienen kann, erfuhren wir oft genug, indem zufällige Verwechslung der Electroden damit entdeckt, oder indem entschieden wurde, was leichter und

gelegentlich ebenso unvermeidlich wie unbeabsichtigt vorkommt und ohne Abheben und genauere Betrachtung des Präparates in gutem weißem Lichte gar nicht zu entscheiden ist, ob die Netzhaut mit der falschen Seite nach oben zwischen die Electroden gerathen war.

Unverkennbar ertheilt das Gesetz der constanten Spannungsänderung den photoelectrischen Schwankungen den Charakter von „Actionsströmen“ und deutet deren Ursachen zugleich als chemische an.

b. Verhältniß der photoelectrischen Schwankungen zu den Belichtungsmomenten.

Wie zusagend es auf den ersten Blick scheinen mag, die erste Doppelschwankung der Wirkung des kommenden Lichtes, die anhaltende Stromabnahme dem dauernd wirkenden, die letzte positive Schwankung dem Uebergange zur Dunkelheit zuzuschreiben, so lehrten doch Belichtungen mit dem Funken der Leidener Flasche, daß sämmtliche drei Schwankungen auch nach instantaner Belichtung auftreten. Indem wir eine *Holz*'sche Maschine mit einer aus 2 kleinen Flaschen bestehenden Batterie 75 Ctm. von der Retina entfernt aufstellten und die Schlagweite am Entlader wechselten, konnten wir durch Drehen an der Kurbel Funken von sehr verschiedener Länge und Lichtintensität einzeln oder in wechselnder Folge wirken lassen. Da man seit *Galvani*'s Urexperiment weiß, wie solche Entladungen zur Erde abgeleitete Froschschenkel aus weiter Entfernung durch die Luft zum Zucken bringen, haben wir natürlich nicht versäumt nachzusehen, ob das Galvanometer beim Ueberspringen der Funken keine Ausschläge zeige, während das Funkenlicht durch einen Schirm von schwarzer Pappe von der eingeschalteten Retina abgeblendet wurde. Da dies bestimmt nicht der Fall war, wenn die Abblendung vollkommen genug erreicht wurde, überdies auch in den Kreis mit Längs- und Querschnitt aufgenommene Froschnerven während rascher Funkenreihen keine Spur von Ausschlägen veranlaßten, so

durften wir auf reine Lichtwirkungen rechnen. In der Mehrzahl der Fälle erzeugten einzelne Funken eine einzige negative Schwankung von raschem Verlaufe und je nach der Funkenlänge von 1—10 mm, von verschiedener Größe (4—80 Scth.), aber die Retina ermüdete davon augenscheinlich schnell, so daß der Dunkelstrom in den Pausen oft nicht zur alten Größe zurückkehrte und die Schwankungen mit jedem neuen Funken erheblich schwächer ausfielen, ja später durch Reihen sich rasch folgender Funken kaum bis zur Anfangsgröße zu treiben waren. Daß die letzteren, anhaltenderen Schwankungen keinem positiven Vorschlage folgten, war ohne Weiteres zu sehen; dieselben schienen aber auch mit keiner positiven zu schließen, da der Rückgang zum Dunkelstrome mit auffälliger Langsamkeit verlief. Schon in der Meinung, daß Instantanbelichtung nur einfache und zwar negative Schwankung erzeuge, wurden wir durch mehrere Versuchsreihen an offenbar weniger schnell zu ermüdenden Netzhäuten mit constanterem Dunkelstrome zweifelhaft. Es kam nämlich vor, daß der erste Funke nur positive und erst der zweite negative Schwankung erzeugte, oder daß die negativen, später bleibenden, auf eine ganze Reihe positiver folgten; und endlich sahen wir einzelne hellere Funken vielfach alle drei Schwankungen hervorbringen. Besonders wo nur positive Schwankungen auftraten, bewirkten dicht gedrängte Reihen der Funken dauernde Zunahme des Retinastromes so lange die Belichtung anhielt, also ähnliche Superponirung der positiven Schwankung, wie wir früher mit flackerndem Gaslicht erzielt hatten [1]. Der unerwartete Umstand, daß instantane Belichtung an besseren Präparaten die dreifache Schwankung, allerdings unter Wegfall des anhaltenden Theiles der negativen, erzeugt, wie jede gewöhnliche Belichtung, verspricht künftigen Bestimmungen des zeitlichen Verlaufes dieser Vorgänge Vortheile.

---

[1]) Bd. III, S. 376.

Instantanbeleuchtung.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
I.	+74	−10	1 Funke.
	•+67	−13	1 „
	+46	−12	1 „
	+46	−19	1 „
	+48	−15	Funkenreihe.
	+48	−15	„
	+56	− 8	1 Funke.
II.	+116	+ 4	1 Funke.
	+100	− 6	1 „
Retina gewendet.	+280 comp.	−10	1 „
	+271 comp.	− 7	1 „
	+265 comp.	−18	Funkenreihe.
III.	+255 comp.	−80	1 Funke.
	+242	0	Funke verdeckt.
	+242	−70	1 Funke.
	+230	−95	Funkenreihe.
	+208	−12	Reihe schwacher Funken.
	+201	−59	Funkenreihe.

Versuch	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
IV. a	+65	−58	1 Funke.
	+64	+12	1 „
b	−31	− 9	Funkenreihe.
	−30	− 3	1 Funke.
Pigmentirter Augengrund.	?	0	1 „
V. Hellfrosch.	+145	− 5	Funkenreihe.
VI.	+142	+ 5 −13 +16	1 Funke.
	+137	+ 8 −20 +13	1 „
	+137	0	Funkenreihe. verdeckt.
	+134	+30	1 Funke.
	+139	+20 — ? +22	Funkenreihe.
	+137	+25	1 Funke.

Von den Bulbusströmen erwähnt *Holmgren*, daß sie außer auf Kommen und Gehen des Lichtes auch auf Aenderungen der Intensität während der Belichtung mit Schwankungen antworten. An den Strömen der isolirten Netzhaut ist dies ohne Umstände wahrzunehmen durch die zuckenden Bewegungen der Scala, welche während der die ganze Beleuchtung begleitenden Stromabnahme in dem Maaße auftreten, als die das Präparat beleuchtende Flamme heller wird, wenn der Hahn ruckweise weiter geöffnet wird; und wie unser Auge über eine gewisse Intensitätsgrenze hinaus solche Steigerungen nicht mehr wahrnimmt, so versagten kurz vor Erreichung der größten Helligkeit auch die Bewegungen am Galvanometer. Bei stoßweiße abnehmendem Lichte waren die Erscheinungen, wie im menschlichen Auge die Empfindungsabnahmen

weniger ausgeprägt. Sowohl bei steigender als bei sinkender Intensität wurden nur positive Ausschläge bemerkt.

c. Schwankungen bei schwacher und beschränkter Beleuchtung.

Ohne gegenwärtig eine Bearbeitung des vermuthlich recht exact zu behandelnden Verhältnisses der photoelectrischen Schwankungen zur Lichtintensität bieten zu können, wollen wir uns nicht versagen, wenigstens so viel über die erstaunliche, am Galvanometer kenntliche Lichtempfindlichkeit der isolirten Retina anzuführen, als zur Würdigung und Verbreitung des Untersuchungsverfahrens förderlich scheint.

Schwache Belichtungen.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung.	Belichtung.
I.	+ 53	— 2 + 2	bis zu einem blauen Ringe verkleinerte Argandflamme, 50 Ctm. entfernt.
II.	+162	+ 50 —100 + 43	intensives roth.
	+127	— 10 + 24	Gesicht von naher Kerze beleuchtet; Präparat 75 Ctm. davon entfernt.
	+172	— 10 + 20	ebenso.
	+122	+ 25 — 45 + 35	Kerzenflamme; 1 Meter entfernt.
	+128	+ 2 — 20 + 23	ebenso; Präparat aber beschattet.
	+120	— 5 + 2	ebenso; Kerze 3 Meter entfernt.
	—111	— 2 + 8	ebenso; Präparat weniger beschattet.
	+136	— 6 + 6	Streichholz hinter einem Schirm entzündet. Entfernung 2 Meter.
	+130	+ 7 — 17 + 10	ebenso, ohne den Schirm; Entfernung 3 Meter.
	+132	— 4 + 5	Zug an Cigarette. Entfernung 50 Ctm.
	+130	0	Gerade als roth kenntlicher Löhtbolzen; Entfernung 50 Ctm.

Wie man sieht, reagirt das Präparat nahezu auf dieselben Lichtintensitäten, welche auch in unserem Auge deutliche Empfindung erzeugen und wenn es dem menschlichen Auge angesichts des Glühbolzens nachzustehen scheint, so ist zu erwägen, daß die nackte Retina davon nur das zerstreute, durch kein brechendes Medium zu einem kleinen Bilde vereinigte Licht empfing [1]) und daß auch das Froschauge nicht völlig unabhängig von der Erhaltung der Blutcirculation zu denken ist, worauf es wesentlich bei Beantwortung der Frage ankommt, ob der Frosch im Besitze der in dem gerade vorhandenen Ernährungszustande befindlichen Netzhaut geringere Lichtintensitäten wahrnehmen würde, als wir daran mit Hülfe des Galvanometers erkannten. Daß der

---

[1]) Bei solchem Lichte scheint viel auf die Farbe anzukommen, denn es gelang uns z. B. vortreffliche Wirkungen mit jenen vorwiegend blauem Lichte zu erzielen, das die jetzt käuflichen phosphorescirenden Anstriche aussenden, auch wenn dasselbe äußerst geringe Intensität hatte. Durch Herrn Prof. *Quincke's* Güte mit einer Sammlung phosphorescirender Pulver aus der Fabrik von *Schuchardt* in Görlitz versehen, stellten wir eine Versuchsreihe mit verschiedenfarbig leuchtenden Röhrchen an, indem wir dieselben 2 Ctm. von der Retina entfernt aufdeckten und wieder verhüllten. Die Resultate waren folgende:

Frosch-retina.	Dunkel-strom in Scth.	Schwan-kung in Scth.	Phosphorescenz-licht.	Frosch-retina.	Dunkel-strom in Scth.	Schwan-kung in Scth.	Phosphorescenzlicht.
I.	+116	0 0	gelbgrün.	II.	+225	+5 −52 +46	(Gaslicht.)
	+117	−1 +3	gelb.		+181	−6 +11	Phosphorescenzlicht blau.
	+116	−4 +8	blau.		+165	−8 +13	"
	+109	−6 +1	blau.		+160	−15 +22	heller blau.
					+161	−21 +30	"

Die hellste blaue Beleuchtung war gleichwol ungenügend, um irgend etwas von dem Retinapräparate sichtbar werden zu lassen.

Rauchversuch in praktischer Beziehung Beachtung verlangt, könnten wir mit mancher ins Dunkelzimmer gelangten Frage und Mahnung belegen.

Ein weiterer Beleg für die hohe Lichtempfindlichkeit der Netzhaut gegen Lichtspuren ergiebt sich aus dem einfachen Versuche, ein Stückchen der hinteren Augenhälfte mit der Vorderseite auf eine Lungenelectrode zu legen, die Rückseite an der Sclera abzuleiten und nicht mehr Licht zutreten zu lassen, als nöthig ist, um das Präparat eben zu erkennen. Es erfolgen darauf jedesmal deutliche Ausschläge, sei es weil die Chorioïdéa zuweilen nicht ganz undurchsichtig ist, oder weil etwas Licht von den Schnitträndern her seitlich in die Retina eindringt.

Das letztere Experiment veranlaßte einige Versuche mit localer Belichtung. Die Netzhaut wurde möglichst vom Glaskörper befreit gegen eine fast papierdünne, mit einem Loche von 1 mm Durchmesser versehene Platte aus Hartgummi, so glatt als es ging, ausgebreitet und mittelst der Unterlage in einer verticalen Ebene an einer Stelle fixirt, wohin zuvor auf weißem Grunde das sehr kleine scharfe Bild eines am Sciopticon angebrachten Spectralspaltes entworfen war. Um die Membran an ihrem Orte bequem ableiten zu können, war das Loch der Platte gleich anfangs mit einer geeigneten Froschlunge, die an der Vorderseite nur eine leichte knopfartige Erhebung unter der Retina bildete, ausgestopft worden, deren anderes Ende gegen die Electrode lehnte. Vorn berührte die zweite, von oben her zuragende, gekrümmte Electrode die Faserseite in ungefähr gleicher Ausdehnung, wie die hintere die Stäbchenseite. Das Bild wurde mittelst der Projectionseinrichtung an die gewünschten Stellen der Retina geführt, durch Abblenden nach Belieben ausgelöscht oder erzeugt.

Belichtung durch kleinste Bilder.

Ableitung etwa 2 mm. neben der Papille.

Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
+108	−6 +4	Bild unten.
+102	−7 +2	„ „
+ 91	−6	„ noch tiefer.
+ 91	−5 +6	„ höher.
+ 83	−9 +4	Bild den Electroden näher.
+ 79	+2 −9 +3	Ganze Fläche schwach beleuchtet.
+ 72	−2 +2	Bild. seitlich, ganz am Rande.
+ 65	+2 −5 +2	Streichholzflamme.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß die am weitesten vom Ableitungsorte auffallenden Bilder im Sinne der erhobenen Bedenken wirkten: die Schwankungen wurden gering und entbehrten des ersten positiven Vorschlages.

Hiernach scheint es unmöglich, einen Theil der Retina zu belichten, ohne daß nicht von jedem anderen Stromschwankungen abzuleiten wären. Es mag dies so sein, schon weil die electrischen Vorgänge, wenn sie wirklich nur am Orte des Bildes entstehen, innerhalb des flachen breiten Leiters, welchen die Retina darstellt, nicht in der Weise localisirt bleiben können, wie etwa in einem schmalen cylindrischen Nerven oder Muskel; und electrische Reizversuche an der Membran, worin die Reizelectroden ungefähr den Ort des Bildes einnahmen, während die zur Bussole ableitenden Electroden die genannte Anlage hatten, belehrten in der That darüber, wie sehr man sich vor Stromschleifen zu hüten habe[1]).

[1]) Ohne auf diese Beobachtungen viel Gewicht legen zu dürfen, mag bemerkt werden, daß der Versuch nur positive Schwankungen ergab, welche

Es giebt aber noch einen andern, leider unvermeidlichen Umstand, der die Entscheidung auf diesem Wege unmöglich macht und dieser liegt in der Zerstreuung des Lichtes innerhalb der Retina. Wir hatten das von einer Linse entworfene Bild mit Hülfe von Diaphragmen so scharf gemacht, daß es auf der, genau in derselben Ebene, welche nachher das Präparat einnahm, befindlichen weißen Papierfläche aufgefangen dem empfindlichen Auge des im Dunkeln verweilenden Beobachters keine merklichen Zerstreuungskreise zeigte, selbst nicht, wenn das Bildchen dem Auge verhüllt wurde; sobald dasselbe aber auf die Retina fiel, war es undeutlich, eigentlich nur noch ein glitzernder Streif, und die ganze Membran wurde mehr oder minder sichtbar.

d. Dauer der Erregbarkeit isolirter Netzhäute.

Die Thatsache, daß $1/2$ bis 1 Stunde aufbewahrte exstirpirte Froschbulbi gewöhnlich eine schwach oder gar nicht mehr photoelectrisch reagirende Retina enthalten (vergl. Bd. III, S. 359) scheint sowohl dem nach Stunden zu messenden Anhalten der Erregbarkeit isolirter Netzhäute, wie der bekannten, lange bemerkbar bleibenden Verengung der Pupille auf Licht zu widersprechen, falls die Irisreaction am ausgeschnittenen Bulbus wirklich von einer Netzhauterregung ausgeht[1]). In einer Beziehung wird der Widerspruch vielleicht durch unsere früher ausgesprochene Annahme gelöst, daß es sich *im* Bulbus um eine Erstickung handle, wenn man erwägt, daß die an feuchter Atmosphäre befindliche nackte Retina dieser nicht unterliegt; das Folgende wird hierüber und über den zweiten Punkt Aufschluß geben.

Exstirpirte aber unverletzte Bulbi verlieren bekanntlich rasch die ursprüngliche Spannung und sinken später beträchtlich ein.

---

während des Tetanisirens anhielten und bei Rollenabständen am Schlitten, die unbedenklich scheinen könnten, auftraten. Das Inductorium war mit der *Helmholtz*'schen Einrichtung versehen.

[1]) Vergl. *Edgren:* Jahresber. v. Hoffmann u. Schwalbe f. 1878. S. 105.

Untersucht man ihre Netzhaut nach 3—4 Stunden, wenn das Einsinken den höchsten Grad erreicht hat, so findet man sie wirksam, während die 1—2 Stunden alten, wenig gerunzelten Augen unwirksame Retinae enthalten. Die Erregbarkeit kehrt also auch im Bulbus wieder, ähnlich, obschon nicht bis zu dem Grade, wie wenn man eine im Auge nach einer Stunde scheintodt gewordene Netzhaut zwei Stunden an feuchter Luft im Dunkeln hält. So wird es denn auch begreiflich, daß Netzhäute, welche 24 Stunden in der feuchten Kammer aufbewahrten Augen entnommen werden, noch Reste der photoelectrischen Reaction aufweisen.

Exstirpirte Bulbi 24 St. bei 12 °C. in feuchter Luft erhalten.

Versuch.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
I.	+ 40	— 1	weiß.
	+ 1	— 5	„
	— 7	+ 5 — 3	„
II.	+ 78	—11 + 4	roth.
	+ 70	—10 + 4	weiß.
	comp.	—10 + 3	„
III.	+106	— 6 + 2	roth.
Auge z. Th. hell gehalten.	+ 96	— 8 + 3	weiß.
IV.	+105	—15 + 5	roth.
Auge z. Th. hell gehalten.	+ 83	—18 + 2	weiß.
Retina, ohne Zusatz, 24 Stunden in feuchter Luft.			
	+ 55	+ 3 — 2 + 2	weiß.
	+ 52	+ 5 — 2 + 1	„
Retina ½ St. in NaCl 0,5 pCt.			
	+ 89	+ 1 — 3 + 3	weiß.

Die hier verzeichneten Resultate auf scheintodt gewesene und wiederbelebte Retinae zu beziehen, berechtigt uns außer den vorgenannten Beobachtungen die ältere Erfahrung über die Erholung in CO_2 erstickter Retinae durch Lüftung (Bd. III, S. 361), und wenn die Erholung im Bulbus nicht so vollkommen ist, wie man es nach dem Verhalten nackter Retinae vielleicht verlangt, und nach der CO_2-Erstickung leicht erzielt, so wird dies daran

liegen, daß die O- und CO_2-Diffusion durch die starken Hüllen des Auges zu langsam ist. Auch ist daran zu erinnern, daß die Dauer des Scheintodes durch Erstickung von Einfluß auf die Geschwindigkeit und den Grad der Erholung ist.

Ob die intraocularen Druckänderungen auf die Gasdiffusion im exstirpirten Bulbus besondern Einfluß haben, wäre wegen des merkwürdigen Umstandes, daß die Retina, wenn der Bulbus noch gespannt ist, erstickt, nachher, wenn er schlaff ist, sich erholt, zu untersuchen. Jedenfals werden die Netzhäute nach 24 Stunden schwächer lichtreagirend gefunden, wenn der Bulbus in NaCl-Lösung von 0,5 pCt. liegt und nicht einsinkt, sondern prall bleibt. Vier so behandelte Froschaugen gaben zwei Retinae mit verkehrtem, zwei mit normalem Dunkelstrome; alle Schwankungen betrugen nur — 2 bis — 4 und + 1 bis + 2 Scth. und erschienen ausschliesslich beim Kommen des Lichtes.

Das gewohnte Mittel isolirte Gewebe mit NaCl von 0,5 bis 0,75 pCt. zu erhalten, schlägt bei der Netzhaut fehl. In den meisten Fällen wurden in flache Schichten der Salzlösungen versenkte Retinae schon nach 30 Min., sicher nach 1 Stunde reactionslos gegen Licht gefunden und nach dem Liegen an feuchter Luft nicht wieder erregbar, trotz wohl erhaltenem, normalem Dunkelstrome. Die richtige Lösung zur Lebendconservirung dieser Gewebe ist also noch zu suchen und schwerlich im Glaskörper der zugehörigen Augen zu finden, da alle Netzhäute darin bekanntlich quellen und opak werden, um so eher, je mehr man der Flüssigkeit Zutritt zu beiden Seiten der Membran oder zu den Schnitträndern gestattet.

Das beste Mittel, die Netzhaut im isolirten Zustande erregbar zu erhalten, das wir angeben können, besteht in der Ausbreitung über die zum Ueberziehen der Electroden präparirten Froschlungen und Aufbewahren in der feuchten Kammer, und da es dann auch ungefährlich ist, sie mit kleinen Tropfen NaCl-

Lösung zu befeuchten, so giebt es wenigstens eine Art, um direkte Vergiftungsversuche daran anzustellen. Wir haben dazu eines der wesentlichsten Gewebsgifte, das Chlorkalium, verwendet und gefunden, daß dasselbe in Lösungen von 1/2 pCt. aufgetröpfelt, gewöhnlich in 5 Min., sicher in 10 Min. die Retina völlig unfähig macht, auf Licht electrisch zu reagiren. Der Dunkelstrom erhielt sich so lange normal.

In ähnlicher Weise läßt sich die Wirkung des Chloroforms schnell demonstriren, dessen es sonst großer Mengen und längerer Aufnahme, mindestens bis zur allgemeinen, auch das Herz betreffenden Reactionslosigkeit bedarf, um die Schwankungen der Retina stark herabzusetzen oder aufzuheben. Unvollkommen narkotisirt gab die Netzhaut zunächst keine erste positive Schwankung mehr, die beiden andern Schwankungen schwächer; aber wie die gänzlich reactionslos gewordene, stärker chloroformirte nach 2stündigem Liegen an reiner feuchter Luft wieder alle drei Schwankungen aufwies, so gab die schwächer betroffene nach kaum einer Stunde den positiven Vorschlag wieder.

Unter den am lebenden Frosche verwendeten Giften haben wir als wirksam Pilocarpin und salicylsaures Natron zu nennen, nicht Atropin und Curare[1]), doch bedarf es bei ersteren, von denen das Salicylat beim Menschen das Sehvermögen stark herabsetzen soll, beträchtlicher Dosen.

Vergiftung mit Pilocarp. mur. 0,1 gr.

Nach 6 St. Herz schlägt.

Versuch.	Dunkelstrom.	Schwankung.	Belichtung.
I. a	+ 20	— 10 + 2	Gasflamme.
Retina gewendet.	+ 13	— 9 + 3	"

[1]) Die Schwankungen der Bulbusströme fanden *Dewar* und *M'Kendrick* nicht beeinflußt von Curare, Santonin, Atropin, Morphin und dem Extract der Calabarbohne.

Versuch.	Dunkelstrom.	Schwankung.	Belichtung.
	+ ?	— 4 + 2	roth.
	+ ?	— 5 + 2	weiß.
b	+ ?	— 5	"
		0	"

2 Stunden nach der Vergiftung.

II.	—122[1])	— 1 + 3 — 3	Gasflamme.

Vergiftung mit 0,5 gr. salicyls. Natron.

Nach $2^1/_2$ Stunden; Herz reactionslos, Muskeln und Nerven noch erregbar.

III.	+ 77	0	Gasflamme.

3 Stunden nach 0,1 gr. salicyls. Natron.

IV.	+158	+ 17 — 55 + 21	Gasflamme.
	+197	+ 15 — 62 + 23	"

6 Stunden nach Vergiftung mit 0,1 gr. Atropin. sulf.

V. a	+205	—109 + 90	roth.
	+191	—155 + 70	weiß.
b	+225	— 90 + 51	"
	+ 72	+ 1 — 31 + 24	roth.
	+ 57	+ 2 — 32 + 18	weiß.

[1]) Das negative Vorzeichen des Dunkelstromes bedeutet hier und in allen folgenden Tabellen abnorme, umgekehrte Richtung des Retinastromes.

B. Electrische Vorgänge am ganzen Auge.

Die vorstehenden Beschreibungen des electromotorischen Verhaltens der Retina sind nicht ganz in Uebereinstimmung mit den Angaben der früheren Beobachter, welche statt der Retina den Augapfel oder Stücke desselben benutzten. *Holmgren*, bei dem sich bis jetzt freilich keine numerischen Angaben finden, stellt für den Froschbulbus das Grundgesetz auf, wonach 1. das Kommen des Lichtes eine positive Schwankung, 2. Lichtentziehung abermals + S. erzeugen; er spricht sich aber weder im Allgemeinen über das Verhalten des Stromes während der Dauer des Belichtens aus, noch über irgend eine der ersten positiven Schwankung unmittelbar folgende Erscheinung. Dagegen erhielten *Dewar* und *M'Kendrick*, welche über die Vorgänge zwischen den beiden Schwankungen etwas erwähnen, am Froschbulbus ähnliche Resultate, wie wir an der Retina, nämlich unter Umständen nach der ersten + S. bald ein geringes Zurückgehen dieser, bald einen Umschlag zu wirklich negativer, zuweilen sogar, wie wir es an veränderten Netzhäuten fanden, beim Kommen des Lichtes nur — S. Sollte der erstere Fall beim Bulbus als die Regel betrachtet worden sein, so würde derselbe mit *Holmgren*'s Worten vereinbar bleiben, da eine bloße Abnahme der + S., ohne wirkliches Herabgehen unter die Höhe des Dunkelstroms, auch in den Begriff einer + S. aufgenommen werden kann, jedenfalls die Bezeichnung negativer Schwankung nicht ohne Weiteres verdient. Indeß ist dieses Verhalten bei der isolirten Retina jedenfalls das seltenere und die echte negative Schwankung so sehr die überwiegende Erscheinung, daß wir, in der Meinung, *Holmgren*'s Angaben müßten auch für die Retina selbst Geltung haben, und in dem Wunsche mit einem so sorgfältigen Beobachter ins Einvernehmen zu kommen, zu verfehlten Erklärungsversuchen gelangten, welche sachkundigen Lesern unserer vorigen Abhandlung wol erkennbar geworden sind. Im Augenblick glauben wir nicht zu

irren, wenn wir die vorausgesetzte Uebereinstimmung des Verhaltens zweier so verschiedener Objecte, wie des ganzen Auges und der nackten Netzhaut fallen lassen und auch nach der Aeußerung *Holmgrens* über eigene, von ihm an der letzteren angestellte Beobachtungen, diese für das nehmen, wofür er sie selbst ausgab, nämlich als ganz gelegentliche, zur beiläufigen Stütze des Ausspruches, daß die electrischen Erscheinungen am Bulbus vornehmlich von der Retina herrührten, vorgebracht. Aus den Sätzen[1]: *„Denselben Gegensatz findet man auch, wenn man die isolirte Retina für sich dazu benutzt, obwohl es sich von selbst versteht, daß dieses weiche Gebilde weniger brauchbar ist zu eingehenden Untersuchungen dieser Art.“* — — *„— — Daß es mir mitunter, wenn auch lange nicht immer gelungen ist, dieselbe Schwankung an der isolirten Retina selbst zu demonstriren.“* — — und aus dem Umstande, daß diese Sätze in keiner der schwedischen Publicationen *Holmgrens* (vergl. dessen Anmerk. Bd. III, S. 313), sondern erst 10 Jahre später in der deutschen Veröffentlichung Aufnahme fanden, geht überdies hervor, daß das Object z. Zt. als es den in Rede stehenden Untersuchungen dienen sollte, noch keineswegs dazu brauchbar hergerichtet zu werden pflegte, wie man es jetzt freilich mit Hülfe der inzwischen üblich gewordenen Handgriffe, die trotz ihrer Einfachheit doch erst gelehrt werden mußten, leicht vermag. Damit und durch den weiteren Umstand, daß auch die leere Hohlschaale des Augengrundes oder Stücke dieser sich nicht dem Bulbus, sondern der isolirten Retina gleich verhalten, sind jetzt alle Schwierigkeiten gehoben.

Was man an der isolirten Retina niemals, am frischen Bulbus ausnahmslos sieht, ist das Fehlen des negativen Nachschlages beim Kommen des Lichtes, m. a. W. das Anhalten des ersten Stromzuwachses während der ganzen Dauer der Belichtung, ohne jegliches Decrement und dies bezeichnet so sehr das Normalverhalten (vergl. Fig. 9 *A*), daß wir z. B. aus den graphischen

---

[1]) Bd. III, S. 298 u. 313.

Darstellungen von *Dewar* und *M'Kendrick*, welche nirgends den glatten, zur Abscisse parallelen Verlauf des von der ersten bis zur zweiten positiven Schwankung reichenden Curvenstückes, den wir während minutenlanger Belichtungen zu constatiren vermochten, zum Ausdruck bringen, mit Sicherheit auf die Verwendung verletzter, ermüdeter oder absterbender Bulbi *(B)* schließen können.

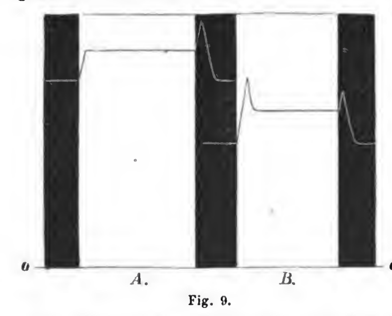


Fig. 9.

Der Dunkelstrom des Froschbulbus ist von *Holmgren* schon so ausführlich erörtert, daß wir uns beschränken, nur auf die Constanz und Größe desselben aufmerksam zu machen. Bei starker Anordnung fliegt das Scalenbild in der Regel schnell aus dem Bereiche des Fernrohres, so daß überhaupt nur mit dem Compensator zu beobachten ist. Dagegen imponiren die Schwankungen auf Belichtung ungleich weniger als bei der Retina: hier an Ausschläge von 50—150 Scth. gewöhnt, muß man am Bulbus gewöhnlich mit 20 Scth., oft mit kaum halb so vielen zufrieden sein; doch sind uns ausnahmsweise 50—60 Scth. vorgekommen. Gleichwohl genügen ungemein geringe Lichtintensitäten zur Erzeugung unzweifelhafter, ablesbarer Ausschläge, wie dies *Holmgren* schon anführte und *Dewar* und *M'Kendrick* bestätigten, denen Mondlicht dazu nicht versagte, obschon jene minimalen Lichtspuren, deren Wirksamkeit uns an der nackten Retina überraschte, wie das Glimmen einer Cigarette, Bescheinen mit phosphorescirenden Pulvern u. dergl. für den Bulbus unzureichend sind. Wenn man überhaupt nur Wirkung am Galvanometer sehen will, so kommt daher nicht viel auf Einrichtungen

und Belichtungsweise an, denn man braucht dazu nur einen Bulbus von einem beliebigen Poikilothermen aus der Orbita zu nehmen, ohne weitere Präparation mit dem vorderen und hinteren Pole zwischen die Thonstiefel zu bringen und irgend welches mäßige Licht zutreten zu lassen. Wer den einfachen Versuch machen will, wird sicherlich von dem Erfolge überrascht sein und sich entweder wundern, daß derselbe so lange unbekannt geblieben, oder Mißtrauen gegen die Mitwirkung der Netzhaut fassen, obgleich weder Stücke pigmentirter Haut, noch sonst irgend ein Organ oder Gewebe Gleiches zum Vorschein bringen.

Da der Bulbus außer der Retina noch so vieles andere enthält, daß er für uns nach der langen Beschäftigung mit der ersteren ein neues Feld der Bearbeitung darstellte, sind wir dem Schicksal nicht entgangen, ebenfalls mancherlei mißtrauische Bedenken widerlegen zu müssen, bevor wir die überraschenden Wirkungen des Lichtes sämmtlich glaubhaft fanden. Unsere schon beschriebene Einrichtung zur Beleuchtung des Froschauges gestattete z. B. das Licht allein durch die Cornea einfallen zu lassen und es, indem man den Spiegel verhüllte, von der Retina fern zu halten. Eine einfache Controle gegen thermische Wirkung unsichtbarer Strahlen schien es daher zu sein, indem man das Licht plötzlich auftauchen und bei verdeckter Cornea nur auf die Sclera wirken ließ. Unvermuthet erschienen darauf die gewohnten Schwankungen, nur schwächer als bisher; da aber Einschalten des Wasserkastens daran nichts änderte, mußte doch Licht ins Innere des Auges gedrungen sein. In den meisten Froschaugen ist dies wesentlich das durch den Sehnervenstumpf und die Papille eindringende, vollkommen genügende Licht, denn wenn man den Opticusansatz möglichst vom Lichte abwendet und mit der Electrode gut bedeckt, fallen die Schwankungen gewöhnlich fort. Zum Unglücke galt dies jedoch für die ersten Augen, an

denen die Erscheinung bemerkt wurde, nicht[1]); es mußte also noch Licht durch die tiefschwarze Chorioïdea zur Netzhaut gelangen und eine genaue Untersuchung dieser Augen ergab wirklich, daß sie, mit schwarz verklebter Papille in ein passendes Loch eines großen schwarzen Schirms gefaßt, gegen helles Licht gehalten und durch die Cornea betrachtet innen gelblich erleuchtet schienen. Dieselbe Beobachtung nur an dem Augengrunde (sammt der Retina) angestellt, zeigte die Ursache in einer sehr kleinen unweit der Papille gelegenen helleren Stelle, seltener in allgemeiner Durchsichtigkeit der ganzen Chorioïdea. Am Frosche war dies bisher unbekannt[2]) und es gilt auch nur für eine Minorität dieser Thiere; doch schien es häufig bei den großen Exemplaren zu sein, fast constant bei den ungarischen[3]).

[1]) **Bulbus.**

Vers.	Dunkelstrom.	Schwankung.	Belichtung.	Bemerkungen.
I.	+318	+12	Licht durch Cornea.	
	comp.	+10	Licht fort.	
	+291	+ 7 + 4	„	
	+317	+ 6 +11	nur von der Seite u. durch die Sclera.	
	+319	+ 2 + 4	nur durch d. Sclera.	
	+313	+ 2	Fast glühender Bolzen sehr nahe an Sclera.	
	+376	+ 5 + 6	L. durch Sclera	
	+283	+ 2 + 7	„ „	Opticusstumpf dem Lichte entzogen.
		+ 3 + 7	„ „	„
II.	+200	+ 8 + 8	durch Cornea allein.	
	+200	+15 +15	durch Cornea, Sclera u. Papille.	
	+200	+10 + 9	durch Sclera allein.	Opticusstumpf verdeckt.

[2]) Vergl. Bd. I, S. 230.

[3]) Bei den ungarischen Fröschen sind auch scharf umschriebene, meist streifenförmige Pseudooptogramme (vergl. Bd. I. S. 232) ungemein häufig.

Die folgenden Tabellen sind bestimmt, zunächst Beispiele für die Größe der am unversehrten Bulbus auftretenden Schwankungen und für das Verhältniß derselben zu einander zu geben.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.	Bemerkungen.
I.	+396 Comp. Kupferdraht von 0,8 mm. = 210 mm.	+ 9 +17	Licht kommt. „ fort.	Ableitung: Cornea und N. opt.
	+340	+ 6 — 2 + 6	} „	Ableitung: Cornea und Aequator.
	+381	+11 — 2 + 1	} „	Ableitung: Cornea und Punkt nahe der Papille.
	+381	+10 — 1 +13	} „	„
	+100	+11 — 2 +14	} „	Ableitung: Cornea und etwas hinter dem Aequator.
II.	+327 (Comp. 85 mm.) +329	+60 + 9 +61 + 9	Licht kommt. „ fort. } „	Vor 18 Stunden mit großer Dosis Curare vergiftet.
III.	+320 (Comp. 115 mm.)	+ 4 + 5	Licht kommt. „ fort.	Ableitung: Cornea und N. opt.
	+329	+15 — 2 0	} L. L. f.	„
	+337	+ 6 — 2 + 9	} Licht kommt. „ fort.	„
IV. a	+101	+ 2 + 3	Licht kommt. „ fort.	Ableitung: Cornea und N. opt.
b	+280	+ 8 + 8	} „	„
V.	— 66	— 5 0	L. L. f.	
	— 61	— 4 0	L. L. f.	
	— 59	— 3 + 4 — 1	} L. L. f.	

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.	Bemerkungen.
VI. a	+206 comp.	+ 4 + 5	sehr schwaches Licht; weiß.	
	+ 98	+ 1 + 2	grün.	
	+ 97	+ 8 + 8	heller grün.	
	+ 92	+ 5 + 8	„ „	
	+ 93	+ 2 + 2	grün.	
VI. b	+150	+10 +10	weiß.	
	+150	+ 3 + 5	grün.	
VII.	+284	+27 +14	weiß.	
	+259	+10 +10	grün.	
	+261	+0,5 +1,5	grün, sehr dunkel.	
	+262	+ 6 + 8	weiß, sehr schwach.	
VIII.	+195 mm Comp.	+ 7 — 3 + 1	weiß.	
	+170 „ „	+ 6 — 3 + 1	weiß.	
	+ 65 „ „	+ 5 —13 + 3	weiß.	Bulbus geknetet.
IX. a	+183	+ 3 + 1	weiß.	Frosch 1 1/2 St. in der Sonne, darauf 1/4 St. im Dunkeln.
	+194	+ 3 + 1	„	„
b	+212	+ 5 + 1	„	„
X. a	+261 Comp. 80 mm	+ 2 + 0	weiß.	Frosch 1/2 St. in Eis besonnt.
	„ 73 „	+ 4 + 1	„	„
	„ 70 „	+ 3 + 1	„	„

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.	Bemerkungen.
X. b	Comp. 72 mm	+ 4 + 2	weiß.	zweiter Bulbus $^1/_2$ St. im Dunkeln gelegen.
	„ 73 „	+14 + 2	„	„
	„ 77 „	+ 5 + 2	„	„
XI.	Comp. 83 mm	+ 3 + 3	weiß.	2 St. in der Sonne, $^3/_4$ St. im Dunkeln.
	„ 90 „	+ 8 + 4	„	„
	„ 45 „	+ 4 + 5	„	$^1/_2$ St. später.
XII. a	+ 49	+ 1 + 1	weiß.	Frosch nach $1^1/_2$ St. direkt aus der Sonne.
b	+168	+ 3 + 2	„ „	„

Hieraus entnimmt man, daß die beiden Schwankungen in vielen Fällen gleich sind, daß im Allgemeinen die erste die zweite nicht selten stark überwiegt, daß aber auch das Umgekehrte, obwohl am seltensten vorkommt; außerdem, daß für die Bulbusstromschwankungen dasselbe Gesetz wie für die der Retina gilt, nämlich Umkehr ihrer Vorzeichen, wenn der Dunkelstrom wendet. Da die Bulbusströme im Ganzen recht haltbar sind, begegnet man diesem Falle jedoch nur ausnahmsweise.

Sehr in die Augen fallend ist die Abschwächung der Schwankungen durch vorausgegangene starke Belichtung (bis zur Bleichung des Sehpurpurs) und es ist dies eines der vielen Mittel, gegen Licht fast indolente Augen zu erzielen, in denen man die Retina für ähnlich afficirt halten könnte, während diese, sogleich isolirt, noch mächtige Schwankungen zeigt.

Endlich belegt die Tabelle das schon erwähnte Anhalten des ersten Stromzuwachses während der ganzen Belichtungsdauer, welches so sehr die Regel ist, daß selbst ein kleines Decrement zu den Seltenheiten gehört. Echte negative Schwankungen treten

gar nicht auf, es sei denn, daß der Bulbus stark gedrückt oder verletzt worden. Da Letzteres an gewissen Stellen des vorderen Abschnittes beim Säubern des Auges von seinen Muskeln oder durch zu kurzes Abschneiden des Sehnerven leicht unabsichtlich geschieht und nicht immer gleich entdeckt wird, sind hier Irrthümer möglich; einmal mit den Folgen bekannt, wird man nachträglich den Fehler stets entdecken, wenn einmal negative Schwankung constatirt worden ist. Natürlich gilt dies nur für frische Augen, denn nach der Exstirpation häufig und intensiv belichtete oder im Dunkeln absterbende verrathen die innere Alteration oft in derselben Weise, obschon es auch an solchen nicht über das Decrement hinaus zu kommen braucht und der Zustand eher und häufiger durch Schwäche der Schwankungen überhaupt, wie vornehmlich durch Wegfallen der zweiten positiven charakterisirt wird.

Da das Froschauge auf seiner Retina ebenso scharfe Bilder äußerer Objecte empfängt, wie jedes andere gutsehende Wirbelthierauge[1]), so war daran partielle Belichtung der Retina in nicht direkt oder minder günstig abgeleiteten Gegenden des Augenhintergrundes, die an der isolirten Netzhaut unüberwindliche Schwierigkeiten fand, ausführbar, freilich unter neuen, jetzt die Ableitung betreffenden Hindernissen, indem man sich sagen mußte, jeder Punkt der hinteren Retinafläche werde von der Sclera, jeder der vorderen vom Glaskörper etc. und der Cornea abgeleitet, namentlich wenn die Electrodenlage den starken Anordnungen folge. Indeß ließ sich die letztere zu Gunsten der Aufgabe variiren und überdies lag in den bekannten Unvollkommenheiten der peripheren (vorderen) Zonen der Retina Anlaß vor, das Experiment nicht zu übergehen. Wir legten die Cornea mit horizontaler Sehaxe gegen ein pupillenweites Loch in einem großen verticalen Pappschirm und setzten hinter diesem die Electroden an den Bulbus, die eine nahe vor den Aequator, die andere eine

[1]) Vergl. Bd. I, S. 231.

Strecke weit dahinter, oder auch die eine soweit thunlich nach hinten, während die andere den Opticusstumpf berührte. Vor dem Schirm wurde ein 75 Ctm. langer Faden befestigt, dessen anderes Ende zu einer Kerze führte. Indem man die Kerze an dem gespannten Faden umherführte und verschiedene Punkte einer Kugelfläche im Raume einnehmen ließ, fielen die Bilder der Flamme auf die zugehörigen Punkte des Augengrundes, z. Th. weit entfernt von dem die Electroden verbindenden Meridiane und nach Wunsch auf centrale und periphere Zonen der Netzhaut.

Schwache Anordnung, vordere Anlage der Electroden.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
I.	+13	+17	stark.
	+46	+ 5	Kerze 75 Ctm. entfernt.
	+65	+ 4	Bild zwischen den Electroden ziemlich peripherisch,
	+58	+ 7 + 3	ebenso, centraler.
	+65	+11	Bild central.
	+66	+ 1	Bild peripher, auf der den Electroden gegenüber gelegenen Seite.
	+64	+ 2 + 3	intrapolar, peripher.
	+63	+ 1 + 4	central.
	+73	+ 3 + 4	intrapolar, centralwärts.
	+77	+ 3 + 4	extrapolar, central.

Hintere Anlage der Electroden.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
II.	−40	− 2 − 4	Bild central.
	−38	− 5 − 2	extrapolar. } andere Seite und ziemlich peripher.
	−36	− 5 − 2	„ } andere Seite und ziemlich peripher.
	−36	− 3 − 2	intrapolar.
	−34	− 3 − 3	central.
	−36	− 3 − 2	extrapolar.

Wie man sieht sind Differenzen der Schwankungen vorhanden, aber nur da deutlich und verständlich, wo es sich um die Belichtung centraler oder peripherer Theile des Auges handelt.

Electrische Instantanbelichtungen ergaben immer nur einfache positive Schwankungen der Bulbusströme, Reihen von Funken kaum Steigerungen der Ausschläge, die jedoch bald dauernd wurden; eine zweite + (Schluß-) Schwankung nach dem Abbrechen der Reihe ist nicht beobachtet. Da der Bulbus Muskeln und Nerven enthält, die durch entfernt überschlagende Funken betroffen werden könnten, wurde die oben bei der Retina erwähnte Controle durch Abblenden nicht unterlassen; doch erwies sich die Befürchtung als grundlos:

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
I.	+166	+6	1 Funke.
	+176	+7	1 „
	+173	+3	1 „
	+168	0	Funken verdeckt.
	+159	0	viele kleine Funken in rascher Folge.
			Pause.
	+144	+5	Funkenreihe.
	+135	+5	1 Funke.
	+129	+7	rasche Folge.
II.	+277	+5	1 Funke.
	comp.	+4	1 „
	„	+3	Reihe von Funken.
	„	+5	1 Funke.
	„	+6	Funkenreihe.

Im Anschlusse hieran zeigt das Folgende, wie intermittirendes, weniger jäh aufblitzendes Licht, als das der electrischen Funken, die Schwankungen steigert, ähnlich wie Tetanisiren die des Muskel- oder Nervenstromes. Der Nachwirkungen wegen, die uns intermittirendes Licht so bald continuirlich erscheinen lassen, wurden nur geringere Frequenzen angewendet, im Mittel 10—16

pr. Sec. Die Einrichtung war dieselbe, wie bei den Versuchen an der Retina.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung. Scth.	Belichtung.
I.	+ 80	+ 9 + 5	constant.
	+ 55	+24 0	intermittirend. dunkel.
II.	+362 comp.	+10 +15	constant.
	+345	+47 + 6	intermittirend.
	+346	+45 + 2 +10	intermittirend, plötzlich constant, dunkel.
	+367	+30 + 4 + 6	intermittirend, plötzlich constant, dunkel.

C. Bulbus und Retina.

Nach den im Vorstehenden aufgedeckten Differenzen der vom Gesammtauge und von der Retina allein zu erhaltenden Stromesschwankungen, mußte die Aufgabe, die einen auf die anderen zurückzuführen, von Neuem in Angriff genommen werden. Eine Reihe von Momenten, welche hier im Allgemeinen in Betracht kommen, waren allerdings früher ausgeschlossen worden; wir zählen dahin vor Allem den Einfluß der Pupillen- und Accommodationsmuskulatur, den *Holmgren* eigens untersuchte und an zahlreichen Objecten zu umgehen oder als bedeutungslos zurückzuweisen wußte; ferner die an der entleerten hinteren Hälfte des Auges oder an einzelnen Stückchen derselben gewonnenen Ergebnisse, ja selbst die gelegentlichen Erfolge *Holmgren*'s an der ausgeschlüpften Netzhaut, welche wenigstens so lange Werth behielten, als von den heute in Frage kommenden Details abgesehen werden konnte. Dazu hatten *Dewar* und *M'Kendrick* angegeben, daß der das Epithel vor der Chorioïdea noch enthaltende, der epithellosen Netzhaut aber beraubte Augengrund auf Licht keine

Stromesschwankungen zeige, eine Thatsache, welche wir durch ausführliche Untersuchungen an epithelfreien und epithelbedeckten Netzhäuten befestigten. Alles dies traf jedoch die jetzige Frage nicht, da nicht nur die ganze mit dem Epithel versehene, nirgends angeschnittene Netzhaut, sondern auch der größte Theil der zu den Ausschlußversuchen verwendeten Bulbusabschnitte gegen den unversehrten Bulbus abweichende Stromschwankungen besitzen.

Indem wir jene Theilungen des Auges wieder aufnahmen und eine fortschreitende Reduction desselben versuchten, bemerkten wir, daß man von gewissen, keiner weiteren Verkürzung oder Beraubung an Bestandtheilen mehr bedürfenden Objecten nach Belieben, um es kurz zu sagen, die Bulbus- oder die Retinaschwankungen unmittelbar nach einander erhalten kann. Wenn man das Froschauge so durch einen Kreisschnitt eröffnet, daß nur die vorderen Theile mit Einschluß der Iris entfernt werden und eine, die ganze Retina mit dem Glaskörper, der Pars ciliaris und der Zonula sammt der Linse einschließende Hohlschaale zurückbleibt,, so verhält sich diese, bei Ableitung von einem hinteren Punkte an der Sclera und an einem vorderen auf der Linse, fast genau wie das ganze Auge: der Dunkelstrom hat dieselbe Richtung und bedeutende Stärke und die Schwankungen sind während beträchtlicher Zeit und nach vielen Belichtungen rein positive, nur häufig erheblich größer, als vom ganzen Bulbus. Wird die Linse mit großer Behutsamkeit aus der Kapsel genommen, ja selbst die Zonula angeschnitten und die Electrodenlunge direkt in den Glaskörper getaucht, so ändert sich in den electrischen Erscheinungen nichts; es genügt aber mäßig in das Präparat zu blasen, etwas Glaskörper abfließen zu lassen, ein wenig an der Zonula zu rücken oder zu ziehen, um bei der nächsten Belichtung sofort ein Decrement der ersten positiven Schwankung zu erhalten, das bei jeder folgenden wächst und binnen Kurzem

in die echte negative Schwankung übergeht, so daß jetzt alle an der isolirten Retina gewohnten Erscheinungen da sind.

Vers.	Dunkelstrom.	Schwankung. Scth.	Belichtung.	Bemerkungen.
I. a	Comp. + 100 mm	+11 — 2 +14	L. u. L. c. L. f.	unversehrter Bulbus.
	„ + 95 „	+17 — 6 +29	„	Hohlschaale ohne Linse.
	„ + 95 „	+24 —10 +21	„	„
	„ + 95 „	+20 —10 +21	„	„
	„ + 40 „	+ 6 —16 + 7	„	eine Hälfte der Hohlschaale.
	„ + 45 „	+13 —11 +13	„	die andere Hälfte der Hohlschaale mit der Papille.
	„ + 45 „	+12 —10 +14	„	„
	„ + 10 „	+ 7 —12 + 6	„	$^1/_4$ der Retina isolirt.
b	85	+ 5 + 5	„	unversehrter Bulbus.
	85	+ 2 + 2	„	„
	15	+ 2 + 9	„	Hohlschaale mit Linse.
II.	Comp. + 85 mm	+14 — 4 +28	L. u. L. c. L. f.	Hohlschaale mit Linse.
	+ 85	+16 — 4 +21	„	„
	+ 60	+ 8 —31 +13	„	Linse ohne Vorsicht herausgenommen.
	+ 10	+ 2 —32 +10	„	halbe Hohlschaale.

Vers.	Dunkelstrom.	Schwankung. Scth.	Belichtung.	Bemerkungen.
	+ 10	+ 6 —24 + 7	L. u. L. c. L. f.	halbe Hohlschaale.
	+ 35	—23 + 7	"	andere Hälfte der Hohlschaale.
	? abgenommen	+ 1 —13 + 9	"	"
	56 Scth.	+12 —31 +26	"	daraus isolirte Retina.
III. a	Comp. + 85 mm	+61 + 9	L. u. L. c. L. f.	curaresirter Frosch. unversehrter Bulbus.
	+ 60	+55 +15	"	Hohlschaale mit Linse.
	+ 60	+43 +15	"	"
	wenig abgenommen	+12 +24 +15	ruckweise gesteigerte Beleuchtung.	"
	+ 50	+11 — 2 +54	L. u. L. c. L. f.	Linse vorsichtig entfernt.
	+ 50	+12 — 3 +26	"	"
	Comp. + 10 mm	+ 5 — 5 +19	ruckweise gesteigerte Beleuchtung.	Hälfte der Hohlschaale.
	etwas gestiegen	+ 5 — 6 +16	L. u. L. c. L. f.	"
	+ 12	+ 6 —26 + 4	"	isolirte Retina ganz vom Pigmentepithel bedeckt.
b	Comp. ?	+ 5 + 8	"	Hohlschaale. Linse vorsichtig entfernt.
	" ?	+22 —20 +16	"	Nach $2^1/_4$ St. Verweilen in der feuchten Kammer.
IV.	245 Scth. comp.	+ 9 +10	ruckweise gesteigerte Beleuchtung.	Hohlschaale ohne Linse.
	253 Scth. comp.	+ 7 —17 +24	"	im Glaskörper gerührt.

Die Einflüsse, welche zu dem Umschlage führen, sind so geringfügig, daß sie natürlich oft unbeabsichtigt wirken; doch ist man mit sehr fein fassenden Pincetten und untadelhaften Scheeren jedesmal sicher, von dem Präparate nur Bulbusschwankungen zu erhalten, wie man andrerseits oft augenblicklich selbst die durch Einschiebung einer echten negativen charakterisirten der Retina erzielt, wenn man die Zonula etwas nach innen zieht, so daß die einmal etwas abgelöste Netzhaut sich von Neuem an ihre Unterlage zurücklegt. Hiernach wird es begreiflich, daß die Hohlschaale des Augengrundes in den meisten Fällen nicht das Verhalten des Bulbus, sondern das der Retina zeigt, vollends, daß Stücke des Hintergrundes oder Quadranten des Auges, welche ohne Abfließen des Glaskörpers, das die Retina allemal zu lockern scheint, vom Frosche gar nicht herzustellen sind, sich ausnahmslos wie die freie Retina verhalten.

Die in Rede stehenden Differenzen müssen hiernach aus einer die Netzhaut beim Isoliren treffenden Alteration erklärt werden, um so mehr, als wir umgekehrt den geschlossenen Bulbus durch mechanische Insulte, Ermüdung und Absterben, also durch ähnliche Einflüsse dahin bringen können, nach Art der Retina auch mit negativer Schwankung zu reagiren. Jede andere Erklärung scheint durch den Umstand ausgeschlossen, daß in der, ohne absichtliche oder vermeidbare Alteration hergestellten Hohlschaale die Retinaschwankungen nach solchen Eingriffen auftreten, welche keinen andern Inhaltsbestandtheil als die Netzhaut alteriren können und besonders keinen jener Bestandtheile ausschließen, während sich zugleich in den Leitungsverhältnissen nichts ändert.

Der negative Antheil in den Schwankungen der Retinaströme ist also eine Alterationserscheinung, und es entwickelt eine unter Umständen durch nichts anderes wahrnehmbare Störung des Zusammenhanges der Netzhaut mit ihrer natürlichen

Unterlage sofort jenen neuen Zustand, der sich in Abnahme der Negativität der Stäbchenfläche kund giebt. Es wäre unvorsichtig, z. Z. mehr als Meinungen über die tiefere Ursache und Beschaffenheit jener Aenderung zu äußern, aber nahe liegt es, die den Umschlag begleitende Abnahme des Dunkelstromes in derselben Weise aufzufassen, wie das Auftreten der negativen Schwankung, da beide Verminderung der electrischen Spannung zwischen Faser- und Stäbchenseite anzeigen. Indeß darf nicht vergessen werden, daß auch die positiven Schwankungen nach dem Umschlage zunehmen und daß dieselben an Netzhäuten mit minimalem oder verkehrtem Strome außerordentlich groß sein können, was dort freilich auch auf bessere Bedingungen der Ableitung zu beziehen wäre. Da aber die + Schwankungen offenbar auf Grund von sehr plötzlichen Processen, die mit den Momenten des Kommens und Gehens des Lichtes zusammenfallen, eintreten, während die — Schwankung in den Zeitabschnitt nach der Ankunft des Lichtes und weiter in dessen Dauer fällt, so könnte man es während dieser Periode im unversehrten Auge mit Processen zu thun haben, die das Zurücksinken des einmal gestiegenen Stromes verhindern, also mit **regenerirenden** Vorgängen. Um kein Mißverständniß aufkommen zu lassen, mag jedoch hervorgehoben werden, daß die negative Schwankung eines meßbaren Anhaltens der Belichtung nicht bedarf, wie das Auftreten nach dem Bescheinen der Retina mit fast instantanen electrischen Funken beweist.

Solchen Ueberlegungen nachgehend wird man zunächst auf die früher von ganz andern Grundlagen aus gefundene regenerirende Function des Retinaepithels für die Sehzellen geführt und die Ursache der Alteration in einer Lockerung der Stäbchenschicht suchen, oder in dem Eindringen des Glaskörpers zwischen die Sehzellen und deren Deckplatte. Eine mechanische oder durch Eindringen capillarer Glaskörperschichten in die genannten Theile erzeugte Störung konnte hier das Wesentliche sein, obgleich die

wechselnden Zustände lockerer und fester Verbindung, die man zwischen den Epithelbärten und den Sehzellen im Auge findet, keinen Einfluß auf den Eintritt der Alteration besitzen. Wir dürfen uns in letzterer Beziehung auf die früher veröffentlichten, später vielfach bestätigten Erfahrungen an der epithelbedeckten isolirten Retina berufen, nach welchen die photoelectrischen Reactionen an dieser entweder keine andern sind, als an der epithelfreien, oder, wenn verschieden, nicht bezüglich der negativen Schwankung, sondern hinsichtlich der voraufgehenden positiven, die nach langen Belichtungen oder nach einer durch Abkühlen verzögerten oder verhinderten Purpurregeneration wegzufallen pflegt. Man muß aber bedenken, daß Epithel und Sehzellen mechanisch noch schwer von einander trennbar sein können und doch etwas zur normalen Wirkung der beiden Schichten aufeinander Unumgängliches wesentlich verändert oder vernichtet sein kann, weil etwas Fremdes dazwischen gelangte. Um die Probe auf das Exempel zu machen, haben wir die unten angeführten Versuche[1]) an belichteten und namentlich an Eisfröschen angestellt, in der Hoffnung, vom unversehrten Bulbus dieselben Erscheinungen wie von der nackten Retina durch eine ohne mechanische Ein-

[1])

Bulbus Nro. und Object.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.
I. Frosch 1 1/2 St. in der Sonne, darauf 1/4 St. im Dunkeln gehalten.	+183	+ 3, + 1 L. L. c. u. L. f.
	+194	+ 3, + 1 „
Zweiter Bulbus.	+212	+ 5, + 1 „
II. Frosch 2 St. in der Sonne gehalten, Bulbus direkt untersucht.	+ 49	+ 1, + 1 „
Zweiter Bulbus.	+168	+ 3, + 2 „
III. Frosch 2 St. im Eise besonnt, 1/2 St. im Dunkeln in Eis gehalten.	+269 Comp. = 80 mm	+ 2, ? „
	„ „ 73 „	+ 4, + 1 „
	„ „ 70	+ 3, + 1 „
Zweiter Bulbus, 1/2 St. ohne Eis conservirt.	Comp. = 72	+ 4, + 2 L. L. c. u. L. f.
	„ „ 72	+ 14, + 2 „
	„ „ +77	+ 5, + 2 „
IV. Hellfrosch, 3/4 St. im Dunkeln auf Eis gehalten.	„ „ +83	+ 3, + 3 „
	„ „ +90	+ 8, + 4 „
Zweiter Bulbus 1/2 St länger ohne Eis conservirt.	„ „ +45	+ 4, + 5 „

griffe, auf anderem Wege erzeugte Störung der Regeneration zu erzielen; wie die Tabelle zeigt, jedoch ohne Erfolg. Auch im kalten Raume untersucht, gaben die Präparate die erwartete Entscheidung nicht; die Schwankungen waren zwar stark herabgesetzt, aber sie blieben positiv. Ebensowenig gaben die Bulbi stark mit Atropin vergifteter Frösche, bei denen die den secretorischen Zellen in vieler Hinsicht ähnlichen retinalen Epithelien afficirt sein konnten, andere Resultate.

Die Beziehungen der Alteration zur Regeneration sind also vor der Hand nicht zu beweisen, aber man wird sie aufrecht erhalten können, wenn man in der Purpurregeneration, die uns z. Zt. allein bekannt ist, nur ein Stück des allgemeineren, für alle hypothetischen Sehstoffe anzunehmenden Processes sieht.

Abgesehen von der Frage, was von der Alteration betroffen werde, bleibt zu untersuchen, wodurch dieselbe geschehe, ob z. B. nur durch das Eindringen einer Flüssigkeit oder durch die Beschaffenheit dieser. Vom Glaskörper, in dem die Netzhaut aufquillt, war dergl. wol zu erwarten, wenn man sich *Leber*'s schöner Versuche über den Eintritt des Kammerwassers durch die *Descemets*'sche Membran in die Substanz der Cornea nach Alteration des hinteren Endothels erinnerte, welche die unter Umständen sofort ersichtliche Gefährlichkeit solcher anscheinend unschuldigen Flüssigkeiten erweisen. Indeß wollte es nicht glücken, den Glaskörper durch ein zuträgliches Mittel zu ersetzen: Rinderserum, das wir versuchten, leistete zwar etwas mehr zur Erhaltung der Netzhaut, als NaCl-Lösung, verhinderte aber den Umschlag der Bulbusschwankungen zu den retinalen nicht, wenn die Eröffnung des Auges noch so vorsichtig darin vorgenommen wurde, so daß es den Glaskörper unmittelbar verdrängte.

Es bleibt schließlich zu erwägen, an welchem Objecte die photoelectrischen Vorgänge des Sehorgans in Zukunft zu untersuchen seien. Um die dem Lebenszustande wahrscheinlich ent-

sprechenden Schwankungen festzustellen, wird der unversehrte Bulbus wol das nächste Object sein, da für das Froschauge wenigstens nicht anzunehmen ist, daß die Vorgänge darin ihrem Wesen nach durch andere, als die Retina angehende electromotorische Wirkungen der übrigen Gewebe maskirt werden; dagegen wissen wir jetzt, daß der mit den nöthigen Cautelen abgetrennte, hintere Bulbusabschnitt den unversehrten Bulbus ersetzt und den Vortheil ungleich günstigerer Ableitung der Retinaströme gewährt, der so groß ist, daß das Präparat in vielen Fällen unentbehrlich wird. In noch höherem Grade gilt dies von der isolirten Retina, die unter Umständen allein Aufschluß giebt über die Existenz electrischer Reaction auf Licht und unter Berücksichtigung der Alterationserscheinungen auf diesem Gebiete ebenso maßgebend werden kann, wie es der mit dem Querschnitte versehene Nerv in der Electrophysiologie bis heute gewesen ist. Dazu hat dieses Präparat den Vorzug leichterer Herstellbarkeit. Wenn auch der schnell zu exstirpirende Bulbus unmittelbar, ohne die zeitraubende und vor schwachem Lichte mühsame Säuberung von den Muskeln brauchbar ist, falls man die Electroden nur nicht direkt den Muskelstümpfen aufsetzt, so wird doch Niemand Lust haben, diese Fehlerquelle bestehen zu lassen; viel schneller als diese Arbeit ist aber die kleine, einige Secunden in Anspruch nehmende verrichtet, eine Netzhaut zu isoliren und untadelhaft in den Galvanometerkreis aufzunehmen. Was damit zu erreichen sei, wird das Folgende lehren.

II. Das Auge der Fische.

Die Fische zu diesen Untersuchungen heranzuziehen, gab es zwei gewichtige Gründe: 1) waren sie die einzigen leicht zugänglichen Poikilothermen, mit wesentlich anders gebauter Retina als der des Frosches und der Amphibien, 2) die einzigen Wirbel-

thiere, deren N. opticus lang genug schien, um auch diesen überaus wichtigen Antheil des Sehorgans in den Kreis der Untersuchungsobjecte aufnehmen zu können. Freilich waren die über die Fische vorliegenden Aeußerungen z. Th. so entmuthigend wie möglich; *Holmgren* z. B. gelang es mit den beim Frosche angewendeten Methoden und Hülfsmitteln nicht, „die geringsten Spuren von Stromesschwankungen beim Fischauge" zu erhalten, „obschon der ruhende Strom hinreichend kräftig" war, und nur „ein paar Mal" sah er „einen Ausschlag des Magneten beim Einfallen des Lichtes wie beim Wegfallen desselben"; „die Erscheinung war aber so flüchtig und unregelmäßig", daß darauf „kein Urtheil zu stützen" war. Er bezeichnete die von ihm erhaltenen Resultate als negativ, ohne indeß das Vorkommen von Stromesschwankungen leugnen zu wollen oder für unwahrscheinlich zu halten[1]). Später erhielten *Dewar* und *M'Kendrick*[2]) bei Cyprinus auratus, Motella vulgaris und Gasterosteus brachurus unzweideutige positive Schwankung des Bulbusstromes im Momente der Belichtung, in einem Falle auch negative auf Lichtentziehung. Ganz hoffnungslos war das Unternehmen also nicht.

Unter den uns erreichbaren Süßwasserfischen gab es, mit Ausnahme des Aals, nur solche mit starrer, dicker Sclera, der Membrana argentea und der sog. Chorioïdaldrüse im Auge, Gebilden, welche der Ableitung der Retinaströme nur hinderlich sein konnten. Vorwiegend gewöhnt, die isolirte Netzhaut zu verwenden, schien uns dies Hinderniß indeß nicht groß und wenn auch nicht gleich der erste Versuch an einer Fischretina neue Hoffnungen erweckte, so fanden wir doch bald vortreffliches Material an einer ganzen Reihe von Fischen. Am zweckmäßigsten erwies sich der Barsch (Perca fluv.) in 15—20 Ctm. langen Exemplaren, vielleicht noch besser der kostspieligere Hecht (Esox lucius), dann der

---

1) Bd. III, S. 320 u. 321.

2) a. a. O. S. 161.

Weißfisch (Leuciscus), weniger gut die Barbe (Cyprinus barbus L.), deren Gewebe z. Th. rasch absterben. Der Aal eignete sich schlecht, weil das Auge zu zart ist, um es leicht unbeschädigt exstirpiren zu können und weil es wegen der Weichheit der Sclera nach dem Anschneiden einsinkt; auch ist die höchst schleimige Consistenz des Glaskörpers lästig. Einmal an der Retina zum Ziele gelangt, versagten uns auch die Bulbi gewöhnlich nicht; aber wir begreifen nach den eigenen Erfahrungen wol, wie die Fische für den vorliegenden Zweck zu schlechtem Rufe gekommen sind. Nur lebhafte, sich ordentlich wehrende Thiere versprechen Versuchen, wenigstens am uneröffneten Bulbus, Erfolg, während die isolirte Netzhaut eigentlich jedes noch lebend verarbeiteten Fisches mehr oder minder große photoelectrische Wirkungen giebt.

Unter Zugrundelegung des Barschauges sind die Erscheinungen bei den Knochenfischen[1]) in folgender Weise allgemein zu beschreiben:

> Der Dunkelstrom hat in allen Objecten gleiche Richtung, wie beim Frosche, auch etwa gleiche Größe, starke Anordnung vorausgesetzt, am unverletzten Bulbus den höchsten Werth, etwas geringeren am Augengrunde mit dem Glaskörper, den geringsten an der isolirten Netzhaut, wo er zuerst schnell bis auf etwa $^1/_3$ sinkt und ebenso häufig wie beim Frosche entgegengesetzte Richtung annimmt.

Die Schwankungen der Retinaströme sind:

I. Am Bulbus.

a. beim Kommen des Lichtes positiv, sehr langsam wachsend, gegen das Ende rasch zum Maximum gehend, während des Belichtens anhaltend;

b. bei Entziehung des Lichtes positiv, aber sehr schwach, etwa $^1/_{10}$ der vorigen Schwankung betragend.

---

[1]) Die Belege finden sich in den Tabellen am Schlusse dieses Capitels und auf Tafel IV.

II. An der hinteren Augenhälfte (vor der Alteration).

a. beim Kommen des Lichtes: von raschem Verlaufe, doppelt, erst negativ, dann positiv, wobei der letztere Zuwachs über die Größe des Dunkelstroms steigt und während der Belichtung anhält;

b. bei Entziehung des Lichtes abermals beträchtlich positiv.

III. An der isolirten Netzhaut.

A. anfänglich wie bei II, nur schwächer;

B. nach der Alteration, welche sich zuweilen an der isolirten Membran erst entwickelt,

a. beim Kommen des Lichtes: negativ, dann sofort pseudopositiv (Decrement, indem der Dunkelstrom nicht wieder erreicht wird), mit der darauf erreichten Höhe während der Belichtung anhaltend;

b. bei Lichtentziehung: schwach positiv oder 0.

Wie die Curven Fig. 10 die Schwankungen nach Größe und Richtung darstellen, so geben sie übereinander ungefähr das Verhältniß des vom Bulbus zur Retina sinkenden Dunkelstromes wieder.

Die Fischgewebe stehen zwar z. Th. mit Unrecht im Rufe größter functioneller Vergänglichkeit, aber die Netzhaut der Fische verdient denselben immerhin, jedenfalls mehr, als die der Amphibien, denn wenn es auch Stunden währen kann, bis die nackte Fischretina indolent wird gegen Licht, so

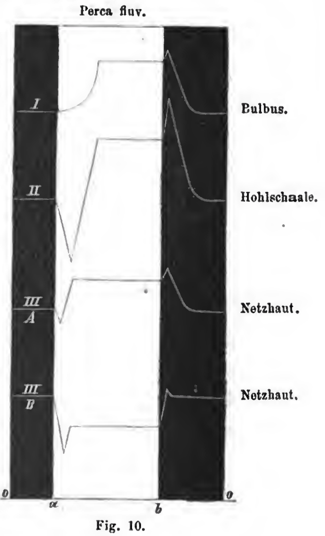


Fig. 10.

verfällt sie doch im **Bulbus** oft schon nach $^1/_2$ St. und weniger dem Scheintode, woraus Lüftung sie zunächst freilich noch rettet. Sehr bald zeigt indeß der Gang der photoelectrischen Schwankungen an sämmtlichen Objecten des Auges eingreifendere Veränderungen an. Durch Ermüdung oder Absterben geschieht Folgendes:

1. Am Bulbus.

Stadium A.

a. Beim Kommen des Lichtes wird anfänglich nur die + S. kleiner.

b. Bei Lichtentziehung schwindet die + S. (vergl. Fig. 11 *A*).

Stadium B.

a. Beim Kommen des Lichtes tritt nur negative Schwankung auf.

b. Bei Lichtentziehung kehrt der Strom, der schon während der Belichtung langsam wieder zugenommen, mit etwas größerer Geschwindigkeit zurück, gewöhnlich nicht ganz bis zur ursprünglichen Größe des Dunkelstromes (vergl. Fig. 11 *B*).

2. An der hinteren Augenhälfte.

Die Veränderungen entsprechen den in Fig. 10 III *a* und III *b* von der Retina dargestellten; für spätere Stadien gilt dasselbe wie für die letzten Stadien der isolirten Retina (vergl. Fig. 12 *B*).

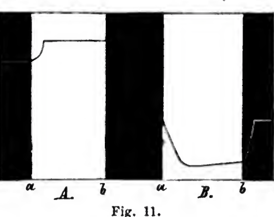


Fig. 11.

3. An der isolirten Retina.

a. Beim Kommen des Lichtes wird der + Nachschlag oder das Decrement der negativen Schwankung immer kleiner, die negative Schwankung bis zu einer gewissen Grenze bedeutend größer, und bleibt zuletzt während der Dauer der Belichtung nicht mehr fest.

b. Bei Lichtentziehung verschwindet die positive Schwankung soweit, daß der Dunkelstrom gewöhnlich tief unter der vorigen Größe bleibt. Der Eintritt der Dunkelheit wird am Galvanometer nur noch an rascherer Abnahme der negativen Schwankung erkannt; endlich fällt auch dieses Zeichen der beginnenden Dunkelheit weg (vergl. Fig. 12 *A.* u. *B*).

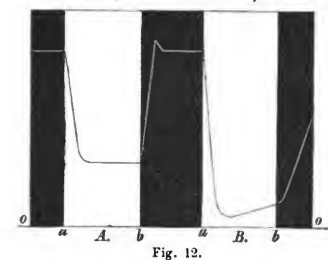


Fig. 12.

Nach diesen Erfahrungen orientirt man sich ohne Schwierigkeit in dem Wechsel der photoelectrischen Erscheinungen bei den Fischen: obgleich vor viel vergänglichere Objecte als beim Frosche gestellt, wird das Verständniß leichter gewonnen, weil der Wechsel vom Normalzustande zu den übrigen Stadien bis zum Ende an einem und demselben Objecte bald verfolgt ist. Hierzu gesellt sich ein unerwarteter Vortheil, indem die isolirte Netzhaut anfänglich dieselben Schwankungen darbietet, wie die nicht alterirte hintere Bulbushälfte, was wir an der Froschretina niemals sahen. Wo dieses Verhalten zu flüchtig sein sollte, ist statt der Netzhaut ein kleines Stück des Augengrundes verwendbar (das beim Frosche ebenfalls nicht anschlägt) und zwar am besten dasjenige, welches den Eintritt des N. opticus enthält, welches ohnehin verloren ist, da die Retina der meisten Fische nicht leicht ohne Beseitigung dieses Stückes zu isoliren ist. Wir sehen in der Möglichkeit, das Fischauge ohne „Alteration“ besser und bis zur vollkommenen Entblößung der Netzhaut (auch vom Epithel, dessen Gegenwart einflußlos ist) zu reduciren als andere Augen, eine starke Stütze für die früher erörterte Annahme, daß der Glaskörper die Alteration bewirkt, denn derselbe hat bei vielen Fischen namentlich in den hinteren Lagen so galler-

tige Consistenz und ist so fest mit der M. limitans ant. der Netzhaut verbunden, daß er selten zum Epithel und den Sehzellen rinnt. Die zwischen die Electroden zu bringenden Retinastücke sind darum, wenn man nicht absichtlich den Glaskörper mit vieler Mühe entfernt, kleinen Halbkugeln ähnlich, die am sichersten in größerer Ausdehnung mit der Basis, also mit der Stäbchenseite, in kleinerem Umfange an der Kuppe durch eine in die Gallerte getauchte Lungenspitze zum Galvanometer abgeleitet werden. Da wir selbst an diesen, mit den Stäbchen die flachgedrückte Lunge überall berührenden Präparaten die Alteration oft erst allmählich sich entwickeln sahen, muß wohl zugegeben werden, daß mechanische Einflüsse hier geringere Bedeutung haben als chemische, worin wir nachträglich auch den Grund der ohne Verdienst gefundenen, lange befolgten Vorschrift entdeckt zu haben meinen, die zum Ueberziehen des Thonelectroden dienenden Lungen so wenig mit Salzlösung durchfeuchtet wie möglich zu verwenden. Obwohl die an der Stäbchenseite punktförmig abgeleitete Fischnetzhäute im Allgemeinen die haltbareren waren, haben wir jedoch weniger in dieser Weise experimentirt, weil das Glaskörperklümpchen eine zu unsichere Unterlage bildete. Außer der Beschaffenheit des Glaskörpers wird in der Alterationsfrage vielleicht auch das Steckenbleiben der bei den Fischen außerordentlich langen, an der Wurzel leicht abreißenden Epithelbärte zwischen den Sehzellen zu berücksichtigen sein.

Wegen der zahlreichen, dem Fischauge eigenthümlichen Einlagerungen ist die Uebereinstimmung der frisch isolirten Netzhaut mit dem gesammten Augengrunde von besonderem Werthe, weniger bezüglich des Vorkommens der Schwankungen überhaupt, als hinsichtlich der Einzelheiten der Doppelschwankung beim Lichtzutritte, der Erhaltung der Stromzunahme während des Belichtens und der an beiden Objecten, an der nackten Retina freilich selteneren und schwachen positiven Schwankung beim Erlöschen

des Lichtes. Ersieht man daraus die Bedeutungslosigkeit jener gerade dem Augengrunde zugehörigen Einlagerungen für die beiden Reductionspräparate des Auges, so drängen sich dieselben andrerseits wieder auf bei Vergleichung der electrischen Wirkungen jener mit denen des ganzen und geschlossenen Bulbus. Am unversehrten Fischauge wird man kaum umhin können, die für das Froschauge schließlich unnöthig gewordene Annahme zu machen, daß die ungünstigen Ableitungsbedingungen die Erscheinung der retinalen Schwankungen nicht bloß schwächen, sondern deren Wesen z. Th. verdecken oder maskiren und den Fall zu constatiren, wo nicht das anscheinend vollkommenere Object, sondern das reducirte die wirklichen und normalen Vorgänge enthüllt.

Die Differenz liegt hier anders als beim Frosche, statt zwischen dem Verhalten von Augengrund und isolirter Retina, zwischen dem des Augengrundes und des unversehrten Bulbus, also zwischen zwei Objecten, von welchen noch keines die Alteration erlitten hat, und es betrifft die Differenz auch nicht, wie beim Frosche, den während der Dauer des Lichtes anhaltenden Theil der Schwankungen, der vielmehr in den beiden Objecten des Fisches positiv bleibt, sondern den allerersten Theil der die Ankunft des Lichtes begleitenden Schwankung, welcher mit der Eröffnung des Auges den merkwürdigen negativen Vorschlag erhält. Während die Erscheinungen in diesem Momente am Froschauge die gleichen vor und nach der Alteration waren, sind sie beim Fische in zwei gar nicht alterirten, nur unter verschiedenen Ableitungsbedingungen zu untersuchenden Objecten verschieden. Unter diesen Umständen verdient der wieder die Fischaugen auszeichnende, gerade anfänglich schleichend langsame Verlauf der ersten positiven Schwankung, deren Verzögerung ganz den Eindruck macht, wie wenn entgegengesetzte, gleichzeitig thätige Kräfte sie bedingten, die von der überwiegenden Kraft maskirt würden, besondere Beachtung, und wenn wir die Reihenfolge zu erzählen hätten, in der

die Grunderscheinungen bei den Fischen gefunden worden, so könnten wir uns darauf berufen, den negativen Vorschlag auf Grund der zögernden Anfangsschwankung des Bulbus aufgedeckt zu haben. Die letztere ist übrigens schon *Dewar* und *M'Kendrick* beim Goldfisch und bei Motella aufgefallen, und da sie beim Stichling nicht bemerkt wurde, von den Genannten auf das mehr oder minder lebhafte Benehmen der Fische bezogen worden, wofür wir unter den Süßwasserfischen, welche sämmtlich, trotz großer Lebhaftigkeit vor dem Tödten und Benutzung der Augen kaum eine Minute später, den langsamen Verlauf der Schwankung darboten, keine Anhaltspunkte fanden. Die weitere Verfolgung des Phänomens bleibt natürlich besonderen zeitmessenden Untersuchungen vorbehalten.

Um die Deduction des zögernden Anfangs der positiven Schwankung aus der retinalen — + Doppelschwankung mit Thatsachen zu confrontiren[1]), wurden einige Versuche am Aalauge, das der störenden Einlagerungen (Chorioïdaldrüse und M. argentea) und der starken Hüllen entbehrt, angestellt. Die Bulbi eines großen 1500 gr. wiegenden Aals gaben sehr schwache Dunkelströme, welche beim Kommen des Lichtes nur kleine, einfache, positive, während des Belichtens anhaltende, im Momente des Ueberganges zur Dunkelheit ohne neue Ausschläge zur Anfangsgröße zurückkehrende Schwankungen zeigten. Weniger große und unvollkommener präparirte Aalaugen gaben nur negative Schwankung und nur an den, übrigens stark einsinken-

---

[1]) Nachträglich haben wir zu dem gleichen Zwecke versucht, welchen Einfluß die Bedeckung eines die —+ Anfangsschwankung gebenden halbirten Fischauges mit der demselben zuvor genommenen vorderen Hälfte habe. Die mit der Linse versehene Hohlschaale des Barschauges hatte z. B. einen Dunkelstrom von +244, beim Belichten Schwankungen von —7, +11 [+11], +8 Scth. nach Wiederbedeckung mit ihrer Cornea und Iris: Dunkelstrom = +211, Schwankungen von —7, +8 [+8], +5 Scth.

Die — + Anfangsschwankung ließ sich also durch das Verfahren nicht künstlich maskiren, vielleicht jedoch nur deßhalb nicht, weil es keinen einigermaßen hinreichenden Wiederverschluß des Auges gestattete. Wir glauben bei diesen neueren Versuchen übrigens zu bemerken, daß der ganz unversehrte Bulbus im Beginn der zögernden + Anfangsschwankung einen schwachen negativen Vorschlag von 1—2 Scth. erkennen läßt.

den hinteren Augenhälften wurde die gewöhnliche — + Doppelschwankung mit bleibendem Zuwachse im anhaltenden Lichte, nebst schwachen positiven Ausschlägen, als das Licht erlosch, beobachtet; die letztere Erscheinung bei allmählich zunehmendem Dunkelstrome. Die Retina isolirt, gab nur negative Schwankung (bei stark sinkendem Dunkelstrome), von guter Haltbarkeit im Lichte, aber ohne erneuertes Steigen im Beginn der Dunkelheit; in einem anderen Experimente am Ende mit schneller Rückkehr des Dunkelstromes nahezu bis zur Anfangsgröße. Die Versuche wurden nicht fortgesetzt, weil die Zurichtung der Aalaugen zu lästig war und unsaubere vom Glaskörper überflossene Objecte lieferte.

Charakteristisch für das Fischauge in den häufig, jedenfalls in ganzen Versuchsreihen früh zur Beobachtung kommenden Stadien der Abschwächung ist der Wegfall der mit dem Ende der Beleuchtung verbundenen positiven Schwankung, recht im Gegensatze zur Froschretina, wo diese sich noch lange erhielt, wenn der + Vorschlag der ersten Doppelschwankung längst erloschen war. Am unversehrten Bulbus, wo die Schlußschwankung überhaupt schwach zum Vorschein kommt, schwindet sie zuerst, bedeutend später an der schonend präparirten Hohlschaale des Augengrundes, früher an frisch isolirten Netzhäuten. Die Reihenfolge ließe sich daraus erklären, daß die über eine gewisse, im geschlossenen Bulbus wegen des mangelnden Luftzutrittes bald erreichte untere Grenze hinab gesunkene Schwankung unter den bestehenden Nebenschließungen nicht mehr auf das Galvanometer zu wirken vermag, während diese Umstände im eröffneten und halbirten Auge beide zunächst nicht in Betracht kommen. Daß die freilich ebenfalls der Luft ausgesetzte, isolirte Netzhaut, welche zudem die günstigste Ableitung gestattet, die Schlußschwankung eher einbüßt, als der bis zum Schnittrande intakte Augengrund, dürfte an der Alteration liegen, welcher sie in allen Beziehungen am frühesten verfällt.

Wir haben auf die Feststellung der positiven Schlußschwankung, deren Bedeutung sich noch zeigen wird, besondere Sorgfalt verwenden müssen, schon weil sie das vergänglichste Phä-

nomen war und weil es einige Ursachen zur Täuschung darüber gab. Ohne Zweifel ist die Schwankung im Allgemeinen am deutlichsten, wenn der Dunkelstrom im Steigen begriffen ist und verwischt sich unter den entgegengesetzten Bedingungen. Die Tabellen und die Curven zeigen aber, daß sie zuweilen auch sehr bemerklich wird, wenn der Dunkelstrom sinkt.

Der Veränderlichkeit der Fischgewebe ist es zuzuschreiben, daß die überwiegende Zahl der Versuchsprotokolle von der isolirten Retina wesentlich negative Schwankungen aufweist, die auch an nicht mehr frischen unversehrten Augen, wenn überhaupt noch etwas damit anzufangen ist, beim Kommen des Lichtes auftreten. Ein Theil der negativen Schwankungen beruht aber auf Umkehr des Dunkelstromes, welche sich an allen Objecten ereignen kann und an der Retina so häufig ist, wie beim Frosche. Das „Gesetz der constanten Spannungsänderung“ haben wir an diesen Objecten so gut wie ausnahmslos bestätigt gefunden für jedes Stadium und jede Art der Schwankungen und in derselben Weise praktisch vortheilhaft zur Beurtheilung der Einschaltung der Objecte in zweifelhaften Fällen. Nur die allerersten Protokolle ergaben unter einigen hundert Beobachtungen sehr vereinzelte Abweichungen, die wir aus der besonderen, allmählich überwundenen Schwierigkeit, die Fischretina ohne Umkrämpung auszubreiten, erklären möchten.

Den ersten controlirenden Beobachtungen wird es vermuthlich ergehen wie den unsrigen: man wird zunächst negative Schwankungen bei Ankunft des Lichtes finden mit folgender pseudopositiver am Schlusse der Beleuchtung, und zugleich überrascht werden von der Größe der Ausschläge. Da solche von 100—160 Scth. und mehr nicht selten sind, mochten wir uns nicht versagen, statt des Galvanometers das physiologische Rheoskop einzuschalten, sowohl Nerven, wie curarisirte Sartorien des Frosches. Dasselbe versagte in allen Fällen, gleichviel ob strom-

los oder in welcher Weise mit den eigenen Strömen zu denen der Netzhaut oder deren Schwankungen orientirt.

Summation der Wirkung durch Tetanisiren mit intermittirendem Licht, worauf wir besonders in dem Stadium, wo nur eine (negative) Art der Schwankung mehr existirte, gerechnet hatten, war zweifelhaft. Auch wollte es nicht glücken, die Schwankungen durch einschleichende Belichtung, soweit diese durch Drehen an einem Gashahn herzustellen war, auszuschließen.

Belege.

Perca fluv.	Dunkelstrom.	Schwankung. Scth.	Belichtung. Gasflamme.
I. Unversehrter Bulbus.	+148 comp.	langsam +12	kommt,
		$\boxed{+12}$	dauert 45 Sec.
		plötzlich + 1	geht.
		„ −13	dunkel.
	+148 comp.	langsam +10	kommt,
		$\boxed{+10}$	dauert 1 Min.
		plötzlich + 1	geht.
		„ −11	dunkel.
	+149 comp.	langsam + 7	kommt,
		$\boxed{+7}$	dauert 45 Sec.
		plötzlich + 1	geht.
		„ − 6	dunkel.
		sinkt langsam = −15	„
II. Neuer Fisch. Hohlschaale mit Linse.	+182		
	+160	plötzlich − 5	kommt,
	comp.	„ +10	
		$\boxed{+10}$	dauert 30 Sec.
		„ +10	geht.
		„ −15	dunkel.
		langsam −16	dunkel 1 Min.
	+144 comp.	plötzlich − 9	kommt,
		„ +11	
		$\boxed{+11}$	dauert 20 Sec.
		„ + 9	geht.
		„ −10	dunkel.
		langsam weiter sinkend	„

Perca fluv.	Dunkel-strom.	Schwankung. Scth.	Belichtung. Gasflamme.
III. Neuer Fisch.	+394		
Hohlschaale	+388	plötzlich —12	kommt,
mit Linse.	comp.	„ + 6	
		+ 6	dauert 25 Sec.
		„ + 5	geht.
		„ — 5	dunkel.
		sinkt.	dunkel einige Min.
	+258	plötzlich —11	kommt,
	comp.	„ + 3	
		+ 3	dauert 20 Sec.
		„ + 7	geht.
		„ — 5	dunkel.
		sinkt langsam	„
Zweiter Bulbus.	+286		
Hohlschaale 10 Min.	+270	plötzlich —13	kommt,
später untersucht.	comp.	—13	dauert 20 Sec.
		„ + 9	geht.
		„ — 6	dunkel.
		sinkt langsam	„
IV. Neuer Fisch.	+157	plötzlich — 7	kommt,
Hohlschaale ohne	comp.	„ + 2	
Linse; Retina darin		+ 2	dauert 20 Sec.
etwas gelockert.		„ + 8	geht.
		„ — 6	dunkel.
	+153		
	comp.	„ —12	kommt,
		—12	dauert 30 Sec.
		„ + 7	geht.
		„ — 2	dunkel.
	+142		„
Zweiter Bulbus.	+286	„ —13	kommt,
Hohlschaale ohne	+270	—13	dauert 20 Sec.
Linse.	comp.	„ + 9	geht.
		„ — 6	dunkel.
		sinkt.	„
V. Neuer Fisch.	— 6	plötzlich + 2	kommt,
Isolirte Retina.		— 4	
Strom verkehrt.		— 4	dauert.
		„ — 6	geht.
		„ + 5	dunkel.
	— 3		dunkel 2 Min.

Perca fluv.	Dunkel-strom.	Schwankung. Scth.	Belichtung. Gasflamme.
	— 3	„ + 4	kommt,
		„ —10	
		[—10]	dauert 20 Sec.
		„ — 5	geht.
		„ +11	dunkel.
	— 3		„
Zweites Auge.	— 84		
Isolirte Retina.	— 98	„ +50	kommt,
Strom verkehrt.	comp.	[+50]	dauert 20 Sec.
		„ —44	geht.
		„ + 3	dunkel.
	—111	„ +44	kommt,
		[+44]	dauert 20 Sec.
		„ —47	geht.
		„ + 2	dunkel.

Diese Tabelle stellt die günstigsten Fälle zusammen, in denen entweder keine oder geringe Alteration der Präparate eingetreten war. Die folgende Tabelle berichtet über Präparate der allerverschiedensten Zustände.

Nro. und Object.	Dunkel-strom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.	Nro. und Object.	Dunkel-strom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
1. Perca fluv. Isolirte Retina; Faserseite oben.	+120 comp.	—65 L.u.L.c. +70 L. f.	Licht roth.	2. Isolirte Retina: Stäbchen oben.	+ 10	— 11 + 10	roth.
	+130	— 75 + 75	L. weiß.		+ 6	— 10 + 14	weiß.
	+135	— 65 + 50	L. roth.		+ 28	— 3 + 10	weiß.
	+140	— 60 + 60	L. weiß.	Retina gewendet.	+ 10 comp.	— 26 + 28	roth.
	über-comp.	— 40 + 33	L. roth.		+ 12	— 31 + 31	weiß.
Retina gewendet.	— 90	+ 8 — 6	weiß.		+ 13	— 27 + 30	weiß.
Zweite Retina; Stäbchen oben.	+430 comp.	— 30 + 4	roth.	3. Kleines Stück Retina; Faserseite.	+ 10	— 37 + 35	roth.
	+440	— 34 + 6	weiß.		+ 9	— 44 + 38	weiß.
	+474	— 26 + 14	weiß.				

Nro. und Object.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
Retina gewendet.	— 51	+ 40 — 39	roth.
	— 51	+ 48 — 49	weiß.
	— 47	+ 48 — 50	weiß.
Zweite Retina; Stäbchen oben.	—225	+ 10 — 25	roth.
	—185	+ 20 — 30	weiß.
Gewendet.	+ 59	— 7 + 12	roth.
	+ 65	— 14 + 12	weiß.
Andres Stück, frei von Glaskörper.	— 17	+ 20 — 7	roth.
	— 37	+ 16 — 7	weiß.
	— 69	+ 7 ?	roth.
	— 77	+ 5 — 4	weiß.
4. Esox luc. Retina mit viel Fuscin; Faserseite oben.	+249 comp.	—149 +110	roth.
	?	—101 + 68	weiß.
Zweite Retina; Stäbchen oben.	+ 29	— 88 + 74	roth.
	+ 13	— 88 + 79	weiß.
	+ 9	— 30 + 29	roth.
Retina gewendet.	+203	— 39 + 25	roth.
	+190	— 36 + 20	weiß.
5. Isolirte Retina; Faserseite oben.	+105	— 17 + 14	roth.
	+108	— 12 + 1	weiß.
Aus dem zweiten Auge. 20 Min. nach dem Tode.	+120	— 7 + 5	roth.
	+118	— 5 + 5	weiß.

Nro. und Object.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
6. Retina mit viel Fuscin.	—138	+ 84 — 68	weiß.
	—147	+ 78 — 54	Einschleichen in Roth.
	—177	+ 55 — 10	Einschleichen in Weiß.
7. Cyprinus barbus. Isolirte Retina; Faserseite.	+ 48	— 24 + 8	roth.
	+ 30	— 15 + 11	weiß.
Retina gewendet.	— 43 + ?	+ 11 — 7	roth.
	comp.	— 11 + 10	Strom dreht plötzlich.
8. Barsch. Isolirte Retina.	+141	—130 + 95	constantes Licht.
	+161	—114 + 54	rasch intermittirend.
	+131	— 55 + 30	langsam intermittirend.
	+121	— 29 + 14	„
	+121	— 30 + 20	constant.
9. Unversehrter Bulbus.	+ 20	— 3 0	L. L. f.
	+ 21	— 5 0	L. L. f.
	bis 500 comp.	— 3 — 3	L. L. 1 Electrode besser an den Stumpf des N. opt.
10. Unversehrter Bulbus.	+236	+ 15 0	L. u. L. c. L. f.
	+242	+ 11 0	Electrode am Querschnitt des N. opt.
	+224	+ 17 0	
Halbes Auge.	+145	+ 14 0	Ableitung vorn und hinten an der Sclera.
	+148	+ 8 0	
	—307 comp.	— 8 0	Eine Electrode im Glaskörper.

Nro. und Object.	Dunkel-strom in Scth.	Schwan-kung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
	—312	— 10 0	Eine Electrode im Glaskörper.
Zweiter unversehrter Bulbus.	+252	+ 7 0	L.
	+332	0 0	L.
Hohlschaale davon.	+350 comp.	+ 63 0	L. L. f.
11. Unversehrter Bulbus.	+217	+ 2 0	L. L. f.
	?	+ 6 0	L. L. f.
	?	+ 4 0	L. L. f.
	?	+ 3 0	L. L. f.
12. Unversehrter Bulbus.	+267 comp.	— 6 0	L. L. f.
	+270	— 3 0	L. L. f.
	+274	— 2	L.
	+286	+ 5	„
	+293	+ 5	„
13. Hohlschaale mit Linse.	+237 comp.	— 3 + 5	L. L. f.
	+237 comp.	— 6 + 6	„
Quadrant;	+179 comp.	— 24 + 15	„
	+ 89	— 29 + 19	„
	+ 75	— 27 + 18	„
isolirte Retina daraus.	+ 20	— 33 + 29	„
	+ 25	— 37 + 37	„

Nro. und Object.	Dunkel-strom in Scth.	Schwan-kung auf Licht in Scth.	Be-merkungen.
14. Leuciscus vulg. a Erster Bulbus.	+192	+ 6 0	L. L. f.
	+175	+ 5 0	„
b Zweiter Bulbus;	+180	+ 6 0	„
	+156	+ 5 0	„
Hohlschaale davon.	+ 81	— 11 + 5	„
	+ 62	— 12 + 10	„
Retina aus a.	+ 35	— 4 + 3	„
	+ 27	— 5 + 3	„
	+ 38	— 7 + 6	„
15. Leuciscus. Sogleich isolirte Retina; Stäbchen oben.	+ 10		
	— 16	+ 13 — 6	L. L. f.
	— 23	+ 8 — 10	„
	— 19	+ 11 — 10	„
	— 10	+ 12 — ?	„
	— 2	+ 15 —16?	„
	+ 5	— 14 + 12	„
Zweite Retina; Faserseite oben.	+ 70		
	+ 46	— 11 + 5	„
	+ 31	— 5 + 1	„
	+ 10	— 6 + 1	„
	— 7	+ 4 — 2	„

III. Stromesschwankungen am Sehnerven.

Da die Gewebe der Retina zu einem beträchtlichen Theile aus Nervenfasern bestehen und eine der Schichten nur Ausstrahlungen des Nervus opticus darstellt, so mußte der Versuch gemacht werden, das electromotorische Verhalten dieses Antheiles des peripheren Sehorgans während der Lichtreizung kennen zu lernen. Der Stamm des N. opticus zwischen dem Bulbus und dem Chiasma war dazu das geignete Object; wenn es daran gelang, electrische Effecte der Lichtreizung wahrzunehmen, so konnten dieselben Vorgänge auch in der Faserschicht der Netzhaut, von der vorderen Ganglienlage her gerechnet, vorausgesetzt werden. Der Sehnerv besteht zwar aus markhaltigen Fasern, während die Faserschicht in den Netzhäuten der hier geeigneten Thiere nur feinste marklose Fibrillen enthält, aber dies beeinträchtigt die Sicherheit des gezogenen Schlusses in keiner Weise, da erwiesen ist, daß der ebenfalls fibrilläre, marklose Riechnerv eines Fisches (des Hechtes) denselben Längsquerschnittstrom oder sog. Ruhestrom und dieselbe negative Schwankung dieses auf Reizung zeigt[1]), wie jeder andere periphere und markführende Nerv.

Von den letzteren weicht der N. opticus bekanntlich in seinem Baue etwas ab, und da es auch andere oft erörterte Gründe gab, ihn eher den nervösen Centralorganen, als den peripheren Nerven zuzurechnen, so hatte *du Bois-Reymond*[2]) die in physiologischer Hinsicht kaum zu bezweifelnde Zugehörigkeit zu den einfach leitenden Nerven durch Feststellung des electromotorischen Verhaltens zu sichern gesucht. Seine Beobachtungen betreffen, was uns sehr willkommen war, den N. opticus eines Fisches (des Schleyes) und enthalten den Nachweis des gesetzmäßig auftretenden Längsquerschnittstromes im ruhenden Zu-

[1]) *W. Kühne* u. *J. Steiner*. Bd. III. dsr. Unters. S. 149.

[2]) Untersuch. über thierische Electricität. II. S. 256.

stande des Nerven. Da wir in *du Bois-Reymond's* Werken und in der Literatur überhaupt keine Angabe über das Verhalten des erregten N. opticus zu finden vermochten, fiel uns darüber ein Vorversuch zu, der immerhin erledigt werden mußte, so wenig Jemand daran gezweifelt haben wird, daß der Sehnerv bei genügend erhaltener Erregbarkeit negative Schwankung seines Stromes zeigen müsse, wie jeder andere Nerv, wenn man ihn mit den gebräuchlichen Mitteln reizt. Wie sich zeigen wird, berührte das einfache Experiment jedoch einige Probleme von hervorragendem Interesse.

Bezüglich des Ruhestromes mag erst die folgende Beobachtung orientiren.

N. Opticus

eines 20 Ctm. langen Barsches, abgeleitet am peripheren Querschnitte und an einer 4 Ctm. entfernten Stelle des Längsschnittes. Strom in Cmpstgr. Kupferdraht von 0,8 mm. 1 Daniell im Kreise.

11 h. 45 Min.	+ 123 mm.
11 „ 54 „	+ 108 „
12 „ 1 „	+ 93 „
12 „ 6 „	+ 87 „
12 „ 11 „	+ 81 „
12 „ 20 „	+ 74 „
12 „ 27 „ .	+ 70 „ .

Neuer Querschnitt hart hinter dem vorigen angelegt; Anlage möglichst wie vorher.

12 h. 30 Min.	+ 128 mm.
12 „ 34 „	+ 124 „
12 „ 43 „	+ 104 „
12 „ 50 „ .	+ 93 „ .

Das anfängliche Sinken des Stromes und das Steigen desselben nach dem Anfrischen des Querschnittes kann Bedeutung gewinnen, wenn es richtig ist, daß die Fasern des N. opticus keine Schnürringe besitzen.

Von Reizversuchen genügt es, einen anzuführen, da eine besondere für die vorliegenden Zwecke wichtigere Art derselben noch mitgetheilt wird.

N. Opticus

einer großen Barbe, erregt am centralen Ende, abgeleitet wie der vorige. Reizung von großem Schlitteninductorium mit Helmholtz'-scher Vorrichtung; 2 Dan. im primären Kreise.

Schwankung in Scth.	Sec. Rolle zur primären.	Nervenstrom Scth.	Cmpstgr.
— 19	vorstehend,	763—0	+ 125
— 37	$^1/_4$ übergeschoben,	u. s. w.	
— 41	$^1/_2$ übergeschoben.		

Wenn der N. opticus zuverlässig keine andern, als sensible Nerven (nicht etwa Gefäßnerven) enthält, so ist dieses Experiment die bequemste Form des von *du Bois-Reymond* einst an den sensiblen Wurzeln des Froschrückenmarkes zum Beweise des doppelsinnigen Leitungsvermögens sensibler Nervenfasern angestellten, und der Sehnerv hätte Aussicht zu dem damals so schmerzlich vermissten [1]) Objecte für nicht electrische Erregungsmittel auf dem Gebiete zu werden. Wir halten die negative Schwankung bei dieser und der umgekehrten (normalen) Orientirung des N. opticus des Barsches, des Hechtes und anderer Fische für so leicht und evident demonstrirbar und finden den Sehnerven des ersteren so lange erregbar, daß wir denselben zu vielen der wichtigen Arbeiten, die eines rein sensiblen Nerven bedürfen, empfehlen können. Etwaige andere im Sehnerven enthaltene Fasern würden bei evidenteren Ausschlägen kaum in Betracht kommen.

Ueber die Herrichtung des Sehnerven ist kaum etwas zu sagen: man eröffnet die Schädelhöhle und die Orbita am abgeschnittenen Kopfe, legt den nur vom Chiasma, dem Bulbus und

---

[1]) *E. du Bois-Reymond*, l. c. II. S. 590.

einer ihn begleitenden Sehne zu trennenden Nerven frei und faßt ihn am besten am centralen Ende an einem als Handhabe dienenden Stücke des Chiasma. Leider genügte das angenehm herzurichtende Object aus noch zu erörternden Gründen nicht allen Anforderungen, so daß auch der Sehnerv des Frosches heranzuziehen blieb. Derselbe ist allerdings sehr kurz, bei den großen, wahren Riesenexemplaren von R. esculenta, die wir aus Ungarn erhielten, vom Bulbus bis zum Chiasma gemessen höchstens $4-4^1/_2$ mm. lang, aber verwendbar, wenn man die freilich oft vergebliche Arbeit nicht scheut[1]). Im Tageslichte wird damit wohl Jeder leicht zum Ziele kommen, aber in monochromatischem, gelbem oder rothem Lichte schien sie unausführbar. Wir wählten deshalb je nach Bedürfniß zu regulirendes Gaslicht während möglichster Bedeckung der Cornea mit einem Tuche oder mit dem Finger. Zuerst wird an dem enthäuteten Kopfe die Schädelhöhle eröffnet, das Hirn von den Riechnerven getrennt, um das Chiasma, wie um eine Queraxe nach rückwärts geklappt und nach einem hart hinter dem Chiasma geführten Schnitte ganz entfernt. Hierauf ist es gerathen, den einen N. opticus zu opfern, indem man ihn unmittelbar vor seinem Austritte zur Orbita abschneidet und als Handhabe für den andern benutzt. Was zu thun übrig bleibt, ist der schwierigere, ohne Umständlichkeit nicht zu schildernde Theil der Operation. Der Nerv muß bis zum Eintritte in den Bulbus von dem überlaufenden Aste des N. trigeminus und dem ihn fest umschließenden Muskeltrichter befreit werden, theils um die nöthige Länge zu gewinnen, theils um ihn entgegen der unangenehmen Tendenz, sich zu krümmen und an das Auge zu schmiegen, zu den Electroden aufrichten zu können; erst im letzten Augenblicke, wenn der Nerv zwischen die Electroden einge-

1) Soeben finden wir den N. opticus mäßig großer Kröten (Bufo vulg.) $5-5^1/_2$ mm. lang; vielleicht ein geeignetes Object, falls die größere Zartheit des Nerven nicht hinderlich wird.

schaltet werden soll, wird vor dem Chiasma ein scharfer, sogleich mit dem Thonstiefel aufzufangender Querschnitt angelegt. Von den Thonen wird der für den Querschnitt bestimmte nicht mit einer Lunge überzogen, um besser an dem Nerven zu haften. Selbstverständlich liegt die Electrode des Längsschnittes sehr nahe der andern und darf mit dem Bulbus in keiner anderen leitenden Verbindung stehen, als durch den Nerven. Ein Fehler gegen die letzte Vorschrift bei Belichtungsversuchen macht sich übrigens zum Glück am Galvanometer, das dann „Bulbusschwankungen", an Stelle der davon sehr verschiedenen des Opticusstammes anzeigt, sofort bemerklich.

Die negative Schwankung des Längs-Querschnittstromes am Froschopticus durch electrisches Tetanisiren zu erhalten, gab es der Kürze des Nerven wegen nur das eine Mittel, die periphere Ausbreitung im Auge zu erregen, ein Experiment, das in der Folge auch bei den Fischen angestellt wurde. Zu dem Ende wurden 2 Platin- oder Kupferdrähte auf einer Glasplatte der Art befestigt, daß die freien Enden zwei unvollkommen geschlossene, übereinander stehende Ringe bildeten, deren Ebenen horizontal über der Unterlage lagen. Die den Maaßen der Bulbi angepaßten Durchmesser der Ringe gestatteten den oberen, etwas engeren Ring als Stütze des halbirten, wie ein Hut darüber gestülpten Auges zu verwenden, indem dessen Innenfläche den Draht mit einer ungefähr auf halbem Wege zwischen Papille und Aequator liegenden Zone berührte, während der untere nur wenig über den vordern Schnittrand in den Hut hineinragte (Fig. 13). Für das Froschauge durfte sich das kleine Drathgestell, auf dem die umgestülpte Hohlschale sicher ruhte, weiter über die Glasplatte erheben, als das größere, den Fischaugen ange-

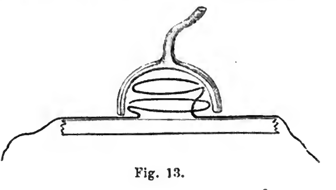


Fig. 13.

paßte, unter welchem die Platte selbst mit zur Stütze des Randes der den schlüpfrigen Glaskörper z. Th. noch enthaltenden Augenhälfte diente. Die Drähte waren selbstverständlich bis zum Uebergange in die Ringe mit isolirendem Firniß überzogen. Die Reizversuche mit dem Apparate wurden im Dunkeln angestellt.

Vers.	L-Q-Strom des N. opticus.	Schwankung des Nervenstroms. Scth.	Reizung. Stand der sec. Spirale.	Bemerkungen. 15 Min. nach dem Tode.
I. Barsch.	Comp. +130 mm	0	5 Ctm. vor der primären.	
	+130	—10	gerade vorstehend = I	
	+130	—17	1/4 übergeschoben = II	
	+130	—19	1/2 „ = III	
	+130	—19	ganz „ = IV	jetzt isolirte Retina giebt —5, —10 u. —9 Scth. Schwankung auf Licht.
II. Barsch.	Comp. +110	0	II	viel Glaskörper im Auge geblieben.
	+ „	— 4	III	
	„	+ 4	IV	Stromschleifen wahrscheinlich. Retinastrom auf Licht: —27 und +29 Scth.
III. Barsch.	+267 Scth.	0	I	
		—36	II	
		—34	II	
		—28	III	
		—21	III	während der Reizung zutretendes Licht ändert nichts.
		—19	III	deßgl.
		—15	III	

Am Schlusse der letzten 4 Reizungen erhielt die — S. nach dem Absperren der Reizung (während der Schlittenunterbrecher fortarbeitete) einen rasch wieder verschwindenden gleichsinnigen Zuschlag von 5—7 Scth.

Vers.	L-Q-Strom des N. opticus.	Schwankung des Nervenstroms. Scth.	Reizung. Stand der sec. Spirale.	Bemerkungen.
IV. Frosch.	+280 Scth.	0	I	
		— 9	II	
		—14	III	
		— 7	III	
		—17	IV	
		— 6	II	zutretendes Licht ändert nichts.
		—10	II	

Nach der electrischen Reizung geben Augengrund und isolirte Retina auf Licht Maximalschwankungen = +23, —30 und +27 Scth.

Die Reaction am N. opticus nach electrischer Reizung seiner Ausbreitung in der Netzhaut besteht also, grade wie bei Reizung des Stammes selbst, in der gewöhnlichen, bekannten, negativen

Schwankung, deren geringere Grade schon bei schwachen, an der Zunge unfühlbaren Inductionsschlägen beginnen. Nur an einem Auge ging der Nervenstrom nicht unmittelbar nach dem Abbrechen des Tetanisirens wieder zur Größe des Ruhestromes zurück, sondern auffallender Weise erst nach einer erneuten kleinen negativen Schlußschwankung. Wir haben den Fall aufgeführt, obgleich ein ähnlicher nicht wieder vorkam. Vielleicht hat die Erscheinung, als von retinaler Erregung bedingt, Bedeutung. Die Reizung wurde auch in der Weise probirt, daß eine Ringelectrode ins Innere, die andere auf derselben Höhe am äußeren Umfange des Bulbus angelegt wurde, aber dieses Verfahren leistete weniger, indem leichter Stromschleifen am Opticusstamme auftraten, wie beim Gebrauche zu starker Inductionsschläge überhaupt, an vorwiegend positiven Schwankungen bemerklich.

Selbst an den wenig haltbaren Fischaugen war der galvanometrische Reizversuch eine gute Stunde nach Herrichtung des Präparates erfolgreich auszuführen.

Von diesen als Vorversuchen zu betrachtenden, electrischen Reizversuchen gingen wir, obschon mit geringen Hoffnungen, zu solchen mit dem Lichte über, wo die Erregung nicht die direkte Fortsetzung des N. opticus im Auge, sondern ausschließlich deren lichtempfindliche Endigung betraf, ein Wagniß, von welchem *Holmgren* vorausgesetzt hatte, daß es ebenso oft begonnen, wie erfolglos aufgegeben sei. Uns selber war es, als wir vor Jahren das naheliegende Fischpräparat dazu verwendeten, kaum besser gegangen; mit den jetzigen vollkommeneren Einrichtungen und nachdem die Fischretina zu Ansehen gekommen, sollte es jedoch nochmals versucht werden, und wenn es fehlschlug, wenigstens probirt werden, ob intermittirendes Licht auch versage. War es doch einiger Anstrengungen werth nachzusehen, ob ein sensibler Nerv auf Erregung seiner natürlichen Endigungen, obendrein durch den sog. adäquaten Reiz, statt Empfindung zu veranlassen,

den Magneten des Multiplicators bewegen werde, der Art etwa wie der motorische Nerv in *du Bois-Reymond*'s bekannten Strychninversuchen die Nadel statt des Muskels zum Zucken brachte. Man täuscht sich, wenn man glaubt, das Experiment sei bereits angestellt und in *du Bois-Reymond*'s Beobachtung der negativen Schwankung am Hüftnerven enthalten, als der behäutete Unterschenkel des Frosches mit siedender Salzlösung von den Zehen zum Knie fortschreitend verbrüht oder von concentrirter Schwefelsäure verätzt und erhitzt wurde[1]), denn der Autor bezeichnete das Verfahren selber nur als „Tetanisiren des Ischiadicus von seinen Hautverzweigungen aus“ und sagt ausdrücklich, der Schenkel werde dabei „Schritt für Schritt und durch und durch“ verbrüht, was außer den „Hautverzweigungen“ auch die Stämme und motorischen Fasern ergreifen mußte. Wir haben den Versuch mit der *du Bois*'schen Trichterröhre (l. c. Taf. V, Fig. 132) wiederholt und in der That bemerkt, daß die Schwankung bestehen bleibt, wenn man die Haut bis zu einer um den Fuß gelegten Ligatur abzieht und nach dem Durchreißen der Hautnerven wieder zum Knie emporzieht, oder die ganze Haut entfernt. Man könnte sich also nur auf die mit der Schwefelsäure gewonnenen, nach *du Bois* nicht ganz so deutlichen Ergebnisse berufen, wo der Nachweis, daß nur „Hautverzweigungen“ im Spiele sind, vielleicht möglich ist, wesentliche Betheiligung der sensiblen Endvorrichtungen aber gerade ausschließen würde.

Mit den neueren, besonders auf vollkommenen Lichtabschluß bedachten Einrichtungen schien am Fischauge anfänglich nicht mehr erreichbar, als früher. Erst als die Barbe, mit welcher wegen ihres langen N. opticus der Anfang gemacht, aufgegeben worden, nachdem sich die geringe Haltbarkeit der zugehörigen

---

[1]) l. c. II, S. 520—523.

Netzhaut herausgestellt hatte, und der Hecht an die Stelle trat, war der Effect am Galvanometer sogleich ganz unzweideutig und so später beim Barsch, am vollkommensten jedoch beim Frosche.

Der Bulbus wurde stets mit der Cornea nach abwärts auf das Ebonitdiaphragma über dem Spiegel des Mikroskopfußes gelegt und die Beleuchtung durch die 75 Ctm. entfernte Gasflamme, falls intermittirendes Licht in Verwendung kam, durch ein 2 Meter entferntes Sciopticon bewirkt, während der Opticus mit den schon erwähnten Vorsichtsmaßregeln in den Kreis des Galvanometers aufgenommen wurde. Wir verfuhren also wesentlich anders als *Holmgren*, der den Opticusstamm und -Querschnitt zwar auch in den Kreis brachte, aber stets den Bulbus mit darin aufnahm, in welchem Falle man Bulbus- oder Retinawirkungen bekommt, die wir gerade auszuschließen hatten. In welchem Maaße dies gelungen, zeigen die folgenden Ergebnisse: die Schwankungen des Opticusstromes haben keine Aehnlichkeit mit denen des Bulbus- oder des Netzhautstromes, sondern sind schlechthin negative, wie alle bis jetzt von Nervenfasern in den leitenden Stämmen erhaltenen, aber der Sehnervenstamm ist, nach der Schwankung bemessen, in dauernder Erregung, so lange Licht ins Auge fällt, und geräth in verstärkte Erregung im Momente des Erlöschens des Lichtes.

Vers.	Opticusstrom.	Schwankung des Opticusstromes. Scth.	Licht.	Bemerkungen.
Barsch. I.	500—0 u. s. w. comp.	— 2 — 1	intermittirend. plötzlich abgebrochen.	
	"	— 2 — 0	constant.	
		— 3 — 1	intermittirend.	
		—1/2 —1/2	constant.	
		— 2 — 2	intermittirend.	

Vers.	Opticusstrom.	Schwankung des Opticusstromes. Scth.	Licht.	Bemerkungen.
II.	560—0 u. s. w. comp.	— 2 — 1	constant.	
		— 2 0	intermittirend.	
		— 3 0	„	
		— 1 — 1/2	constant.	
		— 3 0	intermittirend.	
		— 4 — 2	constant.	
		— 4 0	intermittirend.	
		— 3 0	roth, constant.	
		— 3 0	intermittirend. roth.	
III.	Comp. 275 mm	— 1 — 1	constant.	
		— 1 — 1/2	„	
		0	intermittirend.	
Frosch. IV.	+347 Scth. comp.	0 0 0	weiß. roth. grün.	
	+367 Scth. comp.	— 5 — 2	weiß.	Neuer Querschnitt am Opticus angelegt.
		— 2 — 1	„	
		— 2 — 0	„	
		0	nur auf Sclera fallend.	
		— 2 — 2	in Cornea fallend.	
		— 3 — 1	„	
		— 1 1/2 — 1 1/2	„	
		+ 4 + 3	„	Längsschnittelectrode den Bulbus berührend.
V.	+220 Scth. comp.	— 1 — 1	nur auf Sclera.	
		— 1 — 3	auf die Cornea.	

Vers.	Opticusstrom.	Schwankung des Opticusstromes. Scth.	Licht.	Bemerkungen.
		— 1 — 2	auf die Cornea.	
		— 0 — 2	grün, sehr dunkel.	
		— 0 — 2	„	
		— 0 — 2	auf die Sclera.	Nervenquerschnitt erneut.
		— 2 — 3	auf die Cornea.	
		— 1 — 2	grün.	
		—1/2 — 3	„	
		— 0 — 2	grün, Cornea und Sclera.	
VI.	? comp.	0	Gasflamme.	
		— 3 — 4	„	Neuer Querschnitt.
		— 5 — 4	„	
		— 5 — 2	„	

Die Tabelle weist theils sehr schwache, theils erhebliche negative Schwankungen des in der Dunkelheit mit beträchtlicher Größe constant bleibenden Opticusstromes auf. Sind die Schwankungen schwach, so gewähren die Dauer der Stromabnahme während der ganzen Belichtungszeit, noch mehr die am Beleuchtungsschlusse auftretende, abermalige negative Schwankung als Zuschlag zur ersten, mit dem darauf folgenden verstärkten Rückschlage im Momente der vollen Rückkehr des Ruhestromes vortreffliche Mittel, die Erscheinung evidenter werden zu lassen und das Urtheil zu sichern. Wo die Schlußschwankung fehlt, wie es bei den Fischen sehr häufig ist, verlaufen auch die kleineren Schwankungen von 1/4, 1 und 2 Scth. so jäh, wie zuckend im Fernrohrbilde, daß Täuschungen kaum möglich sind. Wir haben

uns dessen ausdrücklich versichert, indem der im Dunkelzimmer Experimentirende falsche Signale gab, oder den Lichtzutritt verschwieg und niemals falsche Antworten vom Galvanometerzimmer erhalten oder Belichtungen unentdeckt bleiben sehen, bevor nicht die Leistungsfähigkeit des Präparats erloschen war. Bei guten Froschpräparaten bedurfte es dieser Umständlichkeit begreiflich nur gegen Ende des Versuchs, wenn die Reactionsfähigkeit sank, da über Schwankungen von 4—5 Scth. beim Kommen des Lichtes, von fast ebenso großen beim Schwinden des Lichtes und vollends über eine pseudopositive von 9 Scth. bei der zuletzt erfolgenden Wiederkehr des Ruhestromes keine Zweifel obwalten konnten.

Wie wir nun wissen, reagirt der Strom des sensiblen Nervenstammes auf die gewiß sehr eigenthümliche Erregungsweise seines epithelialen Endapparates durch Licht ganz in derselben Weise, wie der des gemischten und motorischen Nerven nach *du Bois-Reymond*'s zahlreichen Feststellungen auf Erregungen aller Art, gleichviel ob diese von reflectorisch in Thätigkeit gesetzten, mit Strychnin vergifteten Ganglien ausgehen, oder an der eigenen Substanz des Nerven als electrische, thermische, chemische oder mechanische Einflüsse wirksam werden. Ueberall ist es nur dieselbe wohlbekannte negative Schwankung des stromgebenden Nerven. Daneben wird es Interesse erregen, daß der N. opticus während continuirlicher Belichtung seiner Endapparate sich nicht anders verhält, wie ein electrisch tetanisirter, discontinuirlich erregter Nerv. Giebt es Gründe, das Galvanometer im letzteren Falle für ungenügend zu halten, um uns die zu vermuthende Discontinuität der Schwankung wahrnehmen zu lassen, so darf man ihm in unserem Falle wol trauen, da keine Gründe vorliegen, die nächsten Folgen anhaltender Belichtung nach Art der meisten sonst bekannten Tetani für discontinuirlich zu halten; die dauernde Stromabnahme im N. opticus würde also füglich als Phototonus

zu benennen sein. Endlich sehen wir den Abschluß der Belichtung, d. i. das Aufhören der Erregung durch Licht, oder vielleicht das Hereinbrechen gewisser vom Lichte gehinderter retinaler Processe durch eine letzte negative Schwankung des Opticusstammes angezeigt, die für nichts anderes zu nehmen ist, als für eine abermalige, den Nerven durchlaufende Erregung, als eine von einem Reize bedingte Schwankungswelle, und wenn denn der Phototonus ein Zeichen des thätigen Zustandes der Opticusfaser ist, so kommt man zu dem merkwürdigen Schlusse, daß Lichtentziehung größere Effecte zum Centralorgan befördere und intensivere Empfindung auslösen könne, als anhaltendes Einfallen desselben Lichtes ins Auge.

Bei der gegenwärtig unermeßlich scheinenden Ausdehnung des mittelst der electrophysiologischen Methoden zu bearbeitenden Theiles der Sinnesphysiologie war es nicht angezeigt, über die ebengenannten Feststellungen hinaus zu gehen, so nahe es lag, namentlich die Nachzügler des unmittelbaren Sehactes, worüber uns die Empfindung in bekannter Weise Aufschluß giebt, im Gange des Dunkelstroms aufzusuchen, obgleich dies sowohl am N. opticus, wie an der Retina thunlich scheint. Ein zwingender Grund, auf dergleichen für jetzt zu verzichten, lag schon in der Mühsamkeit der Versuche, die wegen der gebotenen Eile etwas entmuthigt. Bei den Fischen nämlich versagt der N. opticus auf Lichtreiz sehr bald, trotz nahezu vollkommener Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Stammes und der des Auges oder der Retina. Herrichtung und Anordnung dürfen daher nicht mehr als 7—10 Min. in Anspruch nehmen, wenn nicht zu wenig Zeit für die Belichtungsreihen übrig bleiben soll. Ohne bestimmte zeitliche Angaben machen zu können, dürfen wir die Dauer der Leistungsfähigkeit des Bulbus-Opticus-Objectes nach der Decapitation für den Barsch auf etwa 20 Min. schätzen; die äußerste Eile ist aber nöthig, wenn man am Fischopticus die

negative Schlußschwankung sehen will, die wir deshalb auch erst spät kennen lernten, nachdem wir lange an einen durchgreifenden Unterschied desselben gegen das Froschauge geglaubt hatten. Am Frosche darf man sich mehr Zeit lassen, bis 30 Min. nach dem Decapitiren; doch wird es Andern nicht besser als uns mit diesem Präparate ergehen und mancher Versuch mit vollkommen negativem Erfolge gemacht werden, weil es schwer ist den weichen Nerven vor allen Schädigungen zu hüten und weil der Zustand des Auges großen Einfluß hat auf die Erhaltung des functionellen Zusammenhanges der Retina mit ihrem Nerven. Druck am Bulbus muß durchaus vermieden werden. Vergiftungen mit Curare und Atropin heben jenen Zusammenhang nicht auf, wie es scheint auch nicht Pilocarpin, so lange es die Retina nicht selbst alterirt. Sehr im Gegensatze zum Sehnerven der Fische zeigt der des Frosches fast bis zum Erlöschen der Anfangsschwankung die dem Belichtungsschlusse angehörige.

Innerhalb gewisser Grenzen zeigen sich die beiden Schwankungen des Opticusstromes wenig abhängig von der Intensität des angewendeten Lichtes. Wenn eine 50 Ctm. entfernte Streichholzflamme an günstigeren Froschpräparaten z. B. Ausschläge von 2—3 Scth., der 75 Ctm. entfernte Gas-Argandbrenner solche von 5—6 Scth. erzeugt, so bringt dasselbe Gaslicht an manchen Augen, wo es durch die Sclera und Chorioïdea Zugang findet und nur ein Minimum desselben zur Wirkung kommt, ebenfalls nur 2—3 Scth. zu Wege und Magnesiumlicht nicht mehr, als das Gaslicht durch die Cornea. Etwas mehr ist durch intermittirendes Licht zu erzielen; da die Zunahmen der Schwankung hier jedoch klein sind und die Art der Beleuchtung dem Auge verderblich scheint, sprechen die numerischen Belege nicht sehr deutlich. Wir haben, weil wir besondere Hoffnungen auf das Verfahren setzten, die Methoden dieser Lichtreizung vielfach variirt, indem ein gutes Uhrwerk mit Schnurlauf die mit veränderlichen Schlitzen

versehene Diaphragmenscheibe drehte und ein Bündel paralleler Lichtstrahlen aus dem Scioptiсon 4—30 Mal per Sec. in das Auge gelangen ließ, ohne indeß mehr als vorübergehend erheblichere Schwankungen damit zu erzielen. Leidlich monochromatisches rothes, gelbes, grünes oder blau-violettes Licht leistete weniger als gemischtes. Aus besonderen Gründen wurde versucht, ob partielle Belichtungen des Augengrundes mit sehr kleinen und intensiven Bildern Vorzüge hätten, und es schien zum mindesten, daß sie nicht viel schlechter wirkten als große.

Selbstverständlich wurden mehrere der Opticusversuche unter Ausschluß unsichtbarer Wärmestrahlen angestellt, schon weil uns hier wieder die so auffallenden und Mißtrauen erweckenden Erfolge einzelner Beleuchtungen durch die Sclera begegneten. Wo in der Tabelle grünes Licht genannt ist, handelte es sich um sehr wenig intensive, in dieser Beziehung gewiß gefahrlose Bestrahlung.

Um endlich den Gedanken an Muskelwirkungen abzuweisen, sei erwähnt, daß einige hinter der Iris und Linse halbirte Fisch- und Froschaugen von innen diffus erleuchtet deutliche negative Schwankung des Opticusstromes darboten, das Froschauge sogar beim Erlöschen des Lichtes. Indeß geht unter diesen Umständen der functionelle Zusammenhang zwischen Auge und Nerv früh verloren.

IV. Leitapparat und Sinnesepithel.

Welche der in ihrer Mannigfaltigkeit gleichwol gesetzmäßigen photoelectrischen Schwankungen des Gesammtauges, der hinteren Augenhälfte oder der isolirten Retina man für das Abbild derjenigen der im lebenden Auge eingeschlossenen Netzhaut nehmen möge, so wird man keine einzige finden, welche mit denen des N. opticus congruent wäre. Dies ist für die Beurtheilung des Sitzes und der Quelle der retinalen electrischen Vorgänge von

grundlegender Bedeutung, indem es den Gedanken, die Netzhaut für nichts Weiteres als für eine periphere Opticusausstrahlung zu nehmen, ebenso weit abweist, als die histologischen Thatsachen demselben den Boden entziehen. Nur ganz zufälliger Uebereinstimmung bedarf es, um das unbelichtete periphere Sehorgan an der Rückfläche, wohin die Nerven ausstrahlen, negative Spannung gegen die vorderen, von Oberflächen oder natürlichen Längsschnitten der Opticusausbreitung eingenommen annehmen zu lassen, wie wenn sich hinten Nervenquerschnitte befänden. Man wird *Holmgren* zwar gern zugestehen, die am geschlossenen Bulbus mit Einschluß des Sehnervenansatzes auftretenden gesetzmäßigen Dunkelströme scharfsinnig auf eine darin am Orte der Netzhaut befindliche Membran mit negativer Rückfläche zurückgeführt zu haben, ohne aber damit die Negativität der Stäbchenseite für ein Zeichen der Zusammensetzung dieser Schicht aus natürlichen Nervenquerschnitten nehmen zu müssen. Wenn vollends von diesem Objecte der Schluß auf die Präexistenz eines allgemeinen ruhenden Nervenstromes gezogen werden soll, so ist selbst für den Fall eines über alle Zweifel erhabenen Nachweises des Dunkelstromes in einem völlig unveränderten Auge einfach auf den Bau der Retina zu weisen, der uns fast überall, in der äußersten Schicht ausschließlich, ganz andere Dinge zeigt, als freie Nervenenden und in keinem anderen Niveau etwas, das solchen Enden nur ähnlich sähe.

Die Präexistenz des retinalen Ruhestromes oder Dunkelstromes, wie wir zu sagen vorzogen, war schon früher von *L. Hermann* geleugnet, später von neuen Grundlagen aus bezweifelt, indem auf die durch die Vergänglichkeit des Sehpurpurs und verwandte Erscheinungen bezeugte Veränderlichkeit der Netzhaut gewiesen wurde. Dies trifft für dunkel gehaltene und im Dunkeln abgeleitete Augen nicht zu, denn die Purpurbleiche ist durch den Einen von uns im Gegensatze zu dem darin vermutheten

Irritationsphänomen, wofür sie nach *Boll's* Angaben gehalten werden mußte, umgekehrt als ein durch keinen Insult oder Reize, wie Druck oder electrischen Einfluß, die ja auch auf die Retina erregend wirken, sondern als ein von Erregbarkeitszuständen unabhängiger, völlig allein bestehender, ausschließlich vom Lichte abhängiger chemischer Act erkannt worden. Was immer also im Auge ohne Licht, in der Ruhe der Dunkelheit vorgehen möge, der Sehpurpur wird sich dabei nicht ändern und weder Alterations- noch Actionsströme veranlassen, denen der Dunkelstrom zuzurechnen wäre. Dagegen könnte es andere Sehstoffe geben, welche durch alle die Einflüsse und Stoffe, welche als Nervenreize zu bezeichnen sind, ebenso afficirt oder zersetzt werden, wie durch Licht, oder Dinge, die weder Sehstoffe noch überhaupt chemische Körper, sondern organisirte Molekeln wären, von solcher Alterabilität, daß jeder am Bulbus beobachtete Dunkelstrom erst durch vollkommenen Ausschluß der leisesten Abweichung von den Normalverhältnissen zu legitimiren wäre. Einer solchen Anforderung wird gegenwärtig nicht zu genügen sein, und um so weniger genügt werden, als es nichts helfen könnte gegenüber dem Einwande, daß wir überhaupt keine absolute Ruhe im nervösen Apparate des Sehorgans kennen.

Glücklicher Weise kommt hinsichtlich der photoelectrischen Erscheinungen am Auge zunächst wenig oder nichts auf den Dunkelstrom an, denn dieselben sind ihrer Natur nach unabhängig sowohl von der Richtung jenes Stromes, wie von dessen Vorhandensein und bestehen nur in der Entwicklung electrischer Gegensätze zwischen Vor- und Rückseite der Netzhaut, indem einmal die Stäbchenseite negativ wird (+ S.) gegen die andere, das andere Mal positiv (— S.). Diese Gegensätze treten gesetzmäßig und abhängig vom Lichte auf und wenn sich jemals etwas ihnen vergleichbares ohne Licht ereignet, so könnten dies nur die ganz langsamen, nicht selten mit völliger Umkehr verbun-

denen, wiederholt nach dieser und jener Seite schlagenden Wandlungen des Dunkelstromes sein, deren oben so häufig gedacht werden mußte. Wir hätten nichts dagegen, diese auf Erregungsvorgänge durch Absterbeprocesse, wie Erstickung, Säuerung u. dergl. zurückzuführen und vermöchten uns dergleichen selbst den zarten Wolken gleich, die unser Sehfeld im Dunkeln wie Nebellicht durchwallen, im lebenden Auge zu denken, begleitet von electrischen Schwankungen langsamen Verlaufes, in deren lange flache Wellen die photoelectrischen nur tiefe, steile Kerben ziehen oder spitze Gipfel pflanzen würden.

Der Versuch, den Dunkelstrom des Auges auf Ruheströme der Fasern des Sehnerven zurückzuführen, mußte naturgemäß den andern nach sich ziehen, die photoelectrischen Schwankungen der Retina den gewöhnlich die Erregung begleitenden Schwankungen der Nerv- und Muskelströme einzureihen. Indeß scheint *Holmgren* gefühlt zu haben, in welchem Widerspruche die von ihm am Frosche rein positiv, bei den übrigen Thieren erst negativ, dann positiv gefundenen Schwankungen der Bulbusströme mit der Erfahrung stehen, daß der erregte Nerv ausschließlich negative hat, und darum anzudeuten, es sei weniger an die gewöhnliche Erregungsweise, als an die durch den constanten Strom zu denken, wo allerdings die Phasen des Electrotonus zur negativen Schwankung algebraisch summirt auch zu positiven Anlaß geben können. Die Vorstellung von der Aehnlichkeit der Erscheinungen an der Retina mit denen am Nerven beim Kommen und Schwinden des polarisirenden Stromes braucht nicht weiter ausgesponnen zu werden, um zu zeigen, daß dabei doch in keinem Falle volle Congruenz mit den retinalen Schwankungen auf Kommen und Gehen von Licht herauskommt. Um so mehr ist es Zeit, sich ernsthaft zu erinnern, daß das ausschließliche Vorkommen negativer Schwankung am Stamme des N. opticus dasselbe Verhalten für eine wichtige Schicht der Retina und zwar für die mit dem Sehnerven einzig

in gewebseinheitlichem Zusammenhange stehende vordere Faserschicht bezeugt, welche also zur selben Zeit, wo die ganze Retina eine Reihe electrischer Schwankungen z. Th. umgekehrter Art aufweist, nur negative besitzen kann. Was davon abweicht, muß demnach seinen Sitz in Schichten haben, die nicht weiter als bis zur Ganglienlage nach vorn reichen.

Hieran schließt sich eine andere, nicht minder schwer wiegende Thatsache: der Strom des N. opticus hört lange vor dem der Netzhaut auf, Lichtreiz mit Schwankungen zu beantworten, und da das Gleiche für die vordere Faserschicht gelten muß, so beziehen sich die meisten Beschreibungen der photoelectrischen Schwankungen auf Objecte, die bezüglich der vorliegenden Frage als reducirte Retinae anzusehen sind, als Membranen, welche vorn durch die ersten gangliösen Elemente aber nicht von mitthätigen Nervenfasern begrenzt sind.

Das frühe Versagen des N. opticus zur Zeit, da die Netzhaut am Galvanometer noch überaus mächtig anspricht, und die dauernde Indolenz des Nervenstammes gegen Lichtreiz während anhaltender Wirksamkeit der Retina könnte man versucht sein, Veränderungen des Nerven selber, wenigstens in seiner vorderen retinalen, wirklichen Ausbreitung zuzuschreiben. Dies läßt sich durch die oben belegte Möglichkeit, durch electrisches Tetanisiren nicht nur vom Nervenstamme, sondern auch vom Innern des Auges her, lange über die Zeit der Reactionsfähigkeit gegen Lichtreiz hinaus, am centralen Ende des Sehnerven negative Schwankung zu erzielen, sogar bei den Fischen widerlegen, wo der Opticus früh versagt, und am vollkommensten zurückweisen durch die Erfahrung, daß die electrische Erregbarkeit der Opticusausstrahlung in der Retina bei den Fischen gewöhnlich die der Retina durch Licht überdauert. Da man außerdem längere Leistungsfähigkeit von den marklosen Fasern des N. olfactorius des Hechtes kennt[1]),

[1]) vergl. Bd. III. S. 149.

die sich von denen der Barschretina nicht unterscheiden, so giebt es keinen Grund, die physiologische Erhaltung der vorderen Retinaschicht zu bezweifeln, selbst in dem Falle, wo sie auf Lichtreiz nicht mitreagirt, was für die meisten Beobachtungen an der isolirten Netzhaut gilt.

Unter diesen Umständen muß eine Unterbrechung zwischen zwei noch nicht afficirten Gewebselementen durch Versagen eines dritten jene verbindenden sich ereignet haben und ein solches braucht nicht erst vorausgesetzt zu werden, sondern ist vorhanden in den retinalen Ganglienzellen. Die sogenannten inneren Körner mag man als streitige Punkte der Retinahistologie umgehen, aber wenn mit ihnen als Einschaltungen in die nervöse Bahn von den vorderen Ganglien oder von den Fibrillen der Faserschicht bis zum Sinnesepithel zu rechnen ist, so bleiben sie eben auch gangliöse Elemente, wie alle in den Lauf von Nervenfasern unterbrechend eingefügten Zellen. Genug, es giebt zwischen Opticusfaser und Sehzelle mindestens eine gangliöse Station und von wie viel größerer Vergänglichkeit eine solche zu sein pflegt, als die Leitung selbst, ist bekannt. Man brauchte also dazu nur die Annahme zu machen, daß die Ganglien der Retina, der Auffassung dieses Organs als eines vorgeschobenen Postens des Gehirns gemäß, sich wie die des Großhirns verhalten, welche nach *Luchsinger*'s[1]), von *Auerbach*[2]) bestätigten Erfahrungen selbst beim Frosche ungemein früh nach Störungen der Circulation und Respiration versagen, um auch die auffallend frühzeitige Leitungsunterbrechung der Netzhaut zu verstehen.

Mit der Annahme der gangliösen Leitstörung gelangt man für die derselben unterworfenen Netzhäute zu einer allerdings einladenden Quelle der Dunkelströme, wenn man dieselben als

---

[1]) Zur allgemeinen Physiologie der irritablen Substanzen. Rede. 23. Nov. 1878. Bonn 1879.

[2]) L. Auerbach, Dissert. inaug. Heidelberg 1880.

Längs-Querschnittströme derjenigen Nervenfasern auffaßt, deren Fibrillen die vordere Schicht der Retina bilden und in die Dicke der Netzhaut eintretend zu den Ganglien nach außen umbiegen. Diese Fasern wären da, wo sie in abgestorbene Ganglien münden, als mit chemischen Querschnitten versehen zu betrachten und würden dieselben der negativen Stäbchenfläche zuwenden, während die Vorderfläche der Membran lauter natürliche Längsschnitte aufweist. Unter Umständen mag der Dunkelstrom z. Th. auf dieses anatomische Substrat zu beziehen sein, aber wenig stimmt damit das in allen Ueberlebensverhältnissen vorkommende Erlöschen oder Umkehren jenes Stromes, Erscheinungen, welche mindestens noch ein zweites, ohne Licht stromgebendes Substrat erfordern, dem die Aufhebung und Uebercompensation jenes Nervenstromes zuzuschreiben wäre. Das Absterben der Ganglien zugebend, sieht man ferner ein, daß Alles, was außer den vorderen Opticusfibrillen in den mittleren Schichten der Netzhaut an leitenden, also nervösen Fasern noch vorhanden ist, zu einem gewöhnlichen Nervenstrome kaum etwas beitragen kann, da diese vorwiegend radiär verlaufenden Gebilde der Vorder- wie der Rückseite wesentlich Querschnitte zuwenden, folglich „unwirksam" angeordnet sind.

Indem wir uns den Widerspruch nicht verhehlten, dem die angenommene Vergänglichkeit der retinalen Ganglien wenigstens bezüglich der in Rede stehenden, Fischen und Amphibien entnommenen Objecte begegnen könnte, da ja so viele Ganglien der Poikilothermen, wie die des Rückenmarkes, des Herzens u. s. w. thatsächlich sehr lange überleben, und des Einspruchs gewärtig sein mußten, daß die Ganglien selbst Quellen sowohl der Dunkelströme wie der Schwankungen sein könnten, worüber um so zahlreichere Annahmen möglich wären, je weniger wir von electrischen Vorgängen in diesen Elementarorganismen wissen, sahen wir uns nach einem Präparate um, in welchem Niemand einiger-

maßen lange überlebende Ganglien voraussetzen würde. Ein solches Object fand sich in der Vogelretina.

Holmgren hat schon angegeben [1]), daß ausgeschnittene Stücke des Augengrundes der Säuger und Vögel sowohl den Ruhestrom, wie dessen Schwankungen auf Belichtung zeigten und uns war es sogar gelungen, diese Erscheinung an der isolirten Retina des Kaninchens wahrzunehmen; das Präparat vom Säugethiere erwies sich aber außerordentlich vergänglich und nicht besser fanden wir neuerdings den ganzen Augengrund, in dem die Netzhaut gar nicht berührt worden. Hing nun dieses rasche Erlöschen der photoelectrischen Reaction, unserer Auffassung conform, weder mit der Vergänglichkeit der gangliösen noch mit der der faserigen Nervenelemente zusammen, so sagten wir uns, daß die der Sehzellen entscheidend sein würde. Mehr, als wir es ahnen konnten, bestätigte dies die Untersuchung der Retina der Taube.

An lebenden Hühnern fand *Holmgren* den im Organe von hinten nach vorn gerichteten Dunkelstrom beim Einfalle des Lichtes negativ, auf Lichtentziehung positiv schwankend. Dasselbe fanden *Dewar* und *M'Kendrick* bei der Taube und Eule; ebenso verhielten sich nach *Holmgren*'s Beobachtung der abgetrennte Augengrund und Stücke dieses, was wir für die Taube bestätigen können. Wir sahen aber sogleich, daß man die Retina selbst, d. h. isolirt vortrefflich zu dem Versuche verwenden könne, denn die Erscheinungen waren daran dieselben und die Schwankungen erzeugten beträchtliche Ausschläge (bis 30 Scth. und mehr). Nur mußte man sehr bald auf die positive Schlußschwankung verzichten. Entsprechend der den Mikroskopikern bekannten Haltbarkeit der langen Stäbchen und Zapfen in der Taubenretina fanden wir deren photoelectrische Reaction außerordentlich dauerhaft, fast so günstig, wie bei den Fischen. Ausnahmen, die übrigens

---

[1]) Bd. III. S. 320.

bei den Fischen auch vorkommen, sind uns allerdings begegnet, unter zahlreichen Thieren indeß nur zwei, wo von Anfang an gar keine Lichtreaction zu bemerken war, vielleicht weil wir erst später in dem Erwärmen das Verfahren kennen lernten, den Erfolg besser zu sichern.

Netzhaut der Taube.

Vers.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
I. 1/4 der Ret. a	—363		
	—323	+20	
		—12	
	—307	+21	
		—15	
	—301	+18	rothes Licht.
		—17	
b 2. Auge.	—132		
	—122	+ 9	
		—10	
	—127	+ 5	
		—10	
	—107	+ 4	
		— 8	
	— 99	+ 8	
		— 4	
c Präparat von a nochmals.	+ 13	— 7	
		+ 6	
	+ 13	— 6	
		+ 7	
d Präparat von b nochmals.	+107		
	+ 47	—12	
		+ 3	
8 Min. später.	+ 62	— 4	
		+ 2	
	+ 58	— 5	
		+ 2	
10 Min. später.	+ 63	— 2	
		+ 1	
Stück Ret. von a.	+ 88	— 4	
	+ 74	— 2	35 Min. nach der Decapitation
		+ 1	
II. a Stück der Retina.	+ 45		
	— 75	+10	16 Min. nach der Decapitation.
		?	
	— 85	+ 8	
		— 2	
	— 71	+ 7	
		— 9	
b Aus dem andern Auge.	+ 22	— 9	24 Min. nach der Decapitation.
		+ 3	
	+ 12	— 7	
		+ 3	
	— 9	0	32 Min.
		0	
c Präparat von a.	+ 80	— 4	36 Min.
		+ 2	
	+ 72	— 5	
		+ 1	
III. Stück der Retina.	—240	+10	
		— 2	
	—186	?	
	—180	+ 3	
		— 5	
	—199	+ 2	
		— 1	
	—266	0	nach 10 Min.
		0	
IV. a	—307		Temp. 12° C.
	—387	+14	
		— 9	
	—392	+10	
		—13	
	—379	+ 4	nach 9 Min.
		— 9	
	+ 76	0	19 Min.
b Neues Retinastück.	+ 74	—10	22 Min.
		+ ?	

Vers.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
	+ 41	— 6 + 1	
	+ 24	— 6 +10	
	+180	— 7 + ?	28 Min.
	?	— 5 + 2	
	+150	— 5 + 5	
V. a	— 37	+ 8 —10	5 Min.
	— 19	+ 2 ?	
	— 17	+ 3 — 4	
b	— 12	+ 3 — 5	11 Min.
	+ 34	—10 + 5	
	+ 28	— 7 + 1	
Wieder a	— 19		15 Min.
VI. a	—252	+36 —81	Temp. 30° C. 4 Min. nach d. Decapitation.
	— 90	+28 —63	
	+ 58	—22 +42	7 Min.
	+ 98	—21 +35	
	+138	—21 +35	
	+167	— 8 +15	
	+172	+18 —24	16 Min.
	+232	— 7 + 7	Andres Stück derselben Retina, bis dahin nicht erwärmt.
b	+232	— 3 +14	3 Min. erwärmt.
	+268	— 3 + 2	4 Min. erwärmt.

Vers.	Dunkelstrom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
	+212	— 3 + 1	9 Min. erwärmt.
c aus dem andern Auge.	+272	—25 +34	30 Min. ohne Erwärmen conservirt; jetzt erwärmt.
	+281	—23 +25	
VII. a	+ 15	— 8 + 3	3 Min. nach Decapitation.
	+ 5	— 7 + 3	rothes Licht.
b	+117	—34 +36	nach 6 Min.
	+ 77	—40 +25	
	+ 47	—20 +14	nach 20 Min.
	— 63	+ 6 — 9	
	— 57	+ 5 — 7	rothes Licht.
	— 8	+ 4 — 3	nach 26 Min.
c Präparat von a.	+ 46	— 5 + 4	nach 30 Min.
	+ 14	— 3 + 1	
	+ 6	— 2 + 2	nach 45 Min.
	+ 53	— 2 + 3	Präparat schwach erwärmt.
	+280	— 6 + 6	wenig intensives rothes Licht.
	+279	—12 +13	
	+257	— 5 + 4	36 Min.
d Andres Stück derselben Ret.	+ 25	— 5 + 6	37 Min. kalt gelegenes Retinastück.
	+ 50	—32 +22	allmählich fortschreitende Erwärmung des Präparats.
	comp.	—20 +11	
	+293	—10 +15	Retina gewendet.

Vers.	Dunkel-strom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
	+293	— 9 +14	
Stück der Ret. von a.	+204	— 1 + 1	47 Min. kalt gelegen.
	+192	— 5 + 0	3 Min. erwärmt.
	+184	— 3 + 1	
	?	0	51 Min.

Vers.	Dunkel-strom in Scth.	Schwankung auf Licht in Scth.	Bemerkungen.
VIII.	—287 comp.	+18 —33	erwärmt; 9 Min. nach Decapitation.
	—252	+13 —28	
	+217	—25 +12	
	+207	— 8 + 8	
	+205	— 6 + 6	

Aus diesen Beobachtungen glauben wir entnehmen zu dürfen, daß die Taubennetzhaut sich ohne Erwärmen am längsten erhält, bei höherer Temperatur aber am besten auf Licht reagirt. Die Erwärmung geschah über einem großen, mit mehrfach durchbrochenem Deckel versehenen Wasserbade, unter einer weiten, über die Electroden gestülpten Glasglocke, worin die Temperatur sehr langsam auf 25° bis höchstens 40° C. stieg. Da der Dunkelstrom der Taubennetzhaut stürmischeren, mit Umkehr verbundenen Schwankungen unterliegt, als bei den Poikilothermen, ist es nöthig hervorzuheben, daß dieser Wechsel bei andauerndem Erwärmen geringer wird und ohne Erwärmen, nachdem das kleine Präparat natürlich rasch die umgebende Temperatur angenommen hat, besonders auffällt. Man kann sich also an den erwärmten Präparaten am wenigsten über die den Beleuchtungen angehörigen Schwankungen täuschen, was geübten Beobachtern überhaupt nicht begegnen wird. Die beste Garantie leistet hier das Gesetz der constanten Spannungsänderung, nach welchem man in Kenntniß des Stromumschlages die Richtung der Schwankung in den meisten Fällen voraussagen kann. Wenn wir dasselbe Gesetz an der Taubennetzhaut nicht immer constatirt haben, so dürfen wir dies auf die anfänglich unterlassene fortdauernde Controle der Richtung des jeweiligen Dunkelstromes beziehen.

Obgleich bis heute der Gedanke nicht aufgekommen sein wird, daß Ganglien und Nerven der Vögel mehr als $^3/_4$ Stunden nach Ablösung vom Körper ihre Erregbarkeit bewahrten[1]), so haben wir doch nicht unterlassen, die Ueberlebenszeit einiger Theile des Nervensystems nach der Decapitation ausdrücklich festzustellen. Reflexe oder Alterationsbewegungen geköpfter Vögel können in den ersten Augenblicken sehr lebhaft sein, aber sie erlöschen bei der Taube spätestens nach 2—3 Minuten, und als wir 5 Minuten später einen Drath ins Rückenmark bohrten, sahen wir nirgends Bewegungen auftreten. Nach 12 Minuten war es unmöglich, an den direkt noch gut erregbaren Muskeln Bewegung auf stärkstes electrisches Tetanisiren der großen Nervenstämme wahrzunehmen, und als in einem Falle der N. ischiadicus nach 7 Min. mit Längs- und Querschnitt zum Galvanometer abgeleitet wurde, ergab sich wohl ein ziemlich kräftiger Strom normaler Richtung, aber keine Spur negativer Schwankung, während das andere Ende des recht kurzen Nerven den stärksten Wechselschlägen eines großen, mit *Helmholtz*'scher Einrichtung versehenen Inductoriums ausgesetzt wurde. Auch sahen wir das Herz, dessen anhaltende Rhythmik auf Ganglien bezogen zu werden pflegt, nach spätestens 5 Minuten still stehen und nach 7 Minuten reactionslos gegen die gewöhnlichen Erregungen werden.

45—50 Minuten nach der Isolirung können hiernach in der Taubennetzhaut weder Nerven noch Ganglienzellen Ursache der auf Licht entstehenden Stromesschwankungen sein, am wenigsten so regelmäßiger, wie der beobachteten, man müßte denn eine besondere Art ungewöhnlich dauerhafter, dahin zu rechnender Gebilde ad hoc erfinden wollen. Fragen wir uns, welche histo-

---

[1]) Man müßte denn *Frédéricq*'s merkwürdige Beobachtung heranziehen wollen, nach welcher an Kaninchennerven zuweilen noch 5, 10 bis 24 St. nach dem Tode negative Schwankung des Nervenstromes vorkommt. Vergl. Arch. f. Annat. und Physiol. Abth. 1880.

logischen Elemente übrig bleiben, von denen man so langes Ueberleben kennt, so bleiben außer den Zellen des Blutes und der Bindegewebsgruppe, die hier nicht zu berücksichtigen sind, nur gewisse epitheliale Zellen übrig, z. Th. solche mit sehr lebhafter, leicht kenntlicher Thätigkeit, wie die Flimmerzellen, die auch in der Trachea der Taube mindestens eine Stunde lang fortschlagen[1]). In der Retina bleiben nach Ausschluß aller übrigen Gewebselemente nur die davon in jeder weiteren Beziehung abweichenden der Stäbchen-Zapfenschicht übrig, denen die gefundenen dauernden photoelectrischen Schwankungen zuzuschreiben sind und diese sind ebenfalls epitheliale; es sind die Bestandtheile des Sinnesepitheliums, d. h. die Sehzellen: die Stäbchen und die Zapfen.

Die electrisch reagirenden Elemente absterbender Netzhäute ausschließlich, die der lebenden vorwiegend im Sinnesepithel zu suchen, kann kaum für gewagt gelten, wenn man erwägt, daß nur in diesen die Erregungen beginnen, welche durch das Licht eingeleitet werden; und sonderbar wäre es, wenn diese regsamen Zellen keine Actionsströme darböten, nachdem solche an allen leidlich geordnet zusammengelagerten, der Ableitung zu stromprüfenden Mitteln zugänglichen Zellen, im Zusammenhange mit deren Leistungen constatirt worden sind. Man erinnere sich vor Allem der Drüsenströme, die Epithelströme sind, und beachte, daß alle darauf untersuchten Drüsen in der Ruhe Negativität der dem Lumen oder der Oberfläche zugewendeten Seite gegen Positivität der den Grundmembranen und dem Nervenzutritte hingekehrten Fläche darbieten, also Ströme derselben Richtung geben, wie die Retina,

---

[1]) Man überzeugt sich hiervon am besten durch das bekannte Gleiten auf die Schleimhaut gestreuter Kohletheilchen, namentlich indem man dieselben der Schwere entgegen durch die Flimmerzellen bergan treiben läßt; ein Versuch der noch lange anschlägt, wenn es nicht mehr glückt, die Bewegung der Härchen an den abgestreiften Epithelien direkt zu sehen.

deren Oberfläche hinten liegt, mit vorn zutretenden Nerven. Von *Rosenthal*, *Röber*, *Hermann*, *Luchsinger* u. A. wurde sowohl positive Schwankung, wie negative auf Erregung der Absonderung, zuweilen negative mit positivem Nachschlage, grade wie unter Umständen von der Fischretina, am Bulbus bei den Säugern, Vögeln und der Schlange nach *Holmgren* während des Belichtungsactes nachgewiesen. Es fehlt also nicht an Analogieen zur Unterstützung unserer im Uebrigen auf dem Verfahren des Ausschlusses fußenden Annahme, und wenn man einwenden wollte, daß die electromotorische Indifferenz des retinalen Pigmentepithels daneben schwer verständlich sei, so darf auf die relative Trägheit der mit Licht und Dunkelheit zusammenhängenden phototropen und regenerativen Function dieser Zellen aufmerksam gemacht werden, die vielleicht nur solchen Wandel electrischer Spannungen erzeugt, der den Beobachtungsmitteln wegen der Langsamkeit seines Verlaufes bis jetzt unzugänglich bleiben mußte.

Den Einwänden und Bedenken wäre zu begegnen, wenn es glückte, Netzhäute in der Zone der sog. Zwischenkörnerschicht, ohne eingreifende Aenderung der erhaltenen Blätter zu spalten, in denen man einerseits nur epitheliale, andrerseits nur graue aus Nerven und Ganglien gebildete Schichten hätte. Wir versuchten die Spaltung, indem wir Froschnetzhäute mit der Rückseite nach unten auf einem Blättchen Seidenpapier sich glatt ansaugen und ausbreiten ließen, ein zweites kleineres Papier auf die Faserseite legten und beide zwischen doppelten Fließpapierlagen einige Minuten mit 20—100 gr. beschwerten. Wenn man hierauf das obere Seidenpapier umlegt und wie ein Pflaster langsam abzieht, so gelingt es oft, die stärkere vordere Platte völlig farblos von dem unteren mit einem schön purpurnen Flecke bedeckten Papier zu trennen. Vor der Trennung giebt das durch das feuchte durchsichtige Seidenpapier ausreichend zu belichtende Gesammtpräparat trotz der Pressung sowohl Dunkelströme, wie

die gesetzmäßigen 3 Schwankungen und dasselbe gilt nicht selten noch, wenn auch mit verminderten Ausschlägen für die vordere farblos abgezogene Retinaplatte, in den meisten Fällen jedoch unter Verlust des positiven Vorschlages der negativen Schwankung, während die positive Schlußschwankung noch deutlich zu sein pflegt. Von dem purpurnen Papier, das bald diese, bald jene Ungleichartigkeit in den Bussolkreis einführte, sahen wir dagegen niemals irgendwelche electrische Wirkung durch Licht erfolgen. Die mikroskopische Untersuchung der Blättchen ergab bei dem farblosen, mit der Objectseite gegen das Deckglas gelegten das reizende Bild der aus eckigen Stücken fest gefügten Mosaik sämmtlicher Innenglieder der Stäbchen mit den dazwischen herausspringenden spitzen und glänzenden Zapfen, deren Außenglieder durchweg wohl erhalten waren. Das farbige Papier in derselben Weise orientirt, zeigte nichts als durcheinander geworfene, z. Th. verknickte Stäbchenaußenglieder, nirgends deren Innenglieder oder Zapfen. Doch ergab die Betrachtung unberührter, mit der Papierseite gegen hohl aufliegende Deckgläser angesogener Präparate an manchen Stellen, wo man gut durch den Papierfilz sehen konnte, regelmäßig zusammenliegende, mit den Enden angeklebte Gruppen der Stäbchenaußenglieder. Ohne andere Garantie für eine Erhaltung der Ordnung dieser Gebilde übernehmen zu können, glauben wir im Uebrigen kaum, daß dieselben der Art gelitten hatten, um das Ausbleiben der photoelectrischen Reaction daraus erklären zu können; es dürften sich auch Gründe finden, diese mehr den Innengliedern, als den Außengliedern zuzuschreiben. Andernfalls müßte man annehmen, daß die der farblosen Seite verbliebenen Zapfen, die ihre Außenglieder nicht verloren, ausschließlich Ursache der Schwankungen geblieben seien, was nicht unmöglich wäre.

Der Spaltungsversuch an der Tauben- und Fischretina ausgeführt, ließ bisweilen, wenn nicht alle, so doch die Mehrzahl der Innenglieder sowohl der Stäbchen als der Zapfen sammt deren

Außengliedern auf dem von der übrigen Netzhaut getrennten Papiere erhalten. Aber diese Netzhäute reagirten schon vor der Trennung, nach leichter Pressung zwischen den Papieren nicht mehr auf Licht und die abgetrennten Sehzellen erschienen auch mikroskopisch stark verändert, am meisten die der Vogelretina, deren Zapfeninnenglieder sich sämmtlich stark gekrümmt und eingerissen präsentirten, während ein großer Theil der farbigen Oelkugeln zu größeren zusammengeflossen oder mißgestaltet darunter lag.

Die Verlegung der photoelectrischen Schwankungen in die Sehzellen schließt selbstverständlich die Bedeutung der beiden am N. opticus constatirten negativen Schwankungen bei dem mittelst der Bussole am frischen und gesammten Sehorgan bemerkbaren Vorgange nicht aus, sondern es müssen die Opticusschwankungen sogar merklichen Einfluß auf den letzteren haben. Vielleicht sind sie Ursache der im Ganzen schwachen positiven Ausschläge, welche der Bulbus giebt und von Vortheil zur Erkennung negativer in der Retina, wie am lebenden Auge der Säuger und Vögel, wo der Belichtungsact solche wenigstens am Anfange nach *Holmgren* erzeugt, indem sich die Schwankungen der Sehzellen und die der Fasern algebraisch summiren. Wir sind auch weit entfernt, die unter den intensivsten und günstigsten Belichtungen doch immer schwachen negativen Schwankungen am Stamme des Sehnerven zum Maßstabe der wirklichen, in den einzelnen Fasern verlaufenden Schwankungswellen zu machen, einestheils weil die Beobachtung nur an Objecten anzustellen ist, in denen die Leitung zu den Sehzellen sicherlich schon bedeutend gelitten hat, andrerseits weil zeitliche Differenzen des Anlangens der Erregungswellen am Ableitungsorte die Größe der Einzelvorgänge wahrscheinlich in gleichem Maaße verdecken, wie dies an willkürlich oder reflectorisch erregten Nerven und Muskeln nach *du Bois-Reymond*'s u. A. Untersuchungen der Fall ist.

V. Verschiedenheiten der photoelectrischen Schwankungen unter den Wirbelthieren.

Den Differenzen der photoelectrischen Schwankungen an den Netzhäuten verschiedener Thiere dürfte vermuthlich die Tendenz in Aussicht stehen, durch Annahme beiläufiger, das Wesen der Vorgänge nicht treffender Nebenumstände oder aus Unzulänglichkeiten des Untersuchungsverfahrens erklärt zu werden. Die auffälligsten Differenzen fanden sich nach *Holmgren* an den Bulbusströmen des Frosches einerseits, der Säuger, Vögel und einer Schlange (Vipera berus) andrerseits, indem hier — + S, dort + + S gefunden wurde. Da es aber ein Ermüdungsstadium giebt, in dem der geöffnete Bulbus des Frosches auch — + S giebt, so kann die Vermuthung entstehen, daß die veränderlicheren Augen der Säuger und Vögel, im völlig normalem Zustande untersucht vielleicht ebenfalls + + S gäben. Dasselbe könnte hinsichtlich des sehr kleinen, schwer schonend zu präparirenden Schlangenauges gelten. Wir haben über die lebenden Augen der Warmblüter keine eigenen Erfahrungen, können aber im Sinne des genannten Einwandes darauf aufmerksam machen, daß die Ableitung des Bulbus hier gewisse operative Eingriffe erfordert und z. B. von *Dewar* und *M'Kendrick* unter tiefer Chloroformnarkose ausgeführt worden ist. Wenn man die hinteren Theile des Bulbus zugänglich machen und entblößen, den Orbitalrand oder gar das Dach der Orbita, wie bei den Vögeln entfernen muß, so sind derartige Störungen der Blutcirculation im Auge möglich, daß namentlich kurz nach dem Eingriffe kaum an normales Sehen zu denken ist. Die Widerlegung dieses Einwandes vorausgesetzt, blieben dann noch Garantieen zu fordern, daß das Auge nicht gedrückt worden, da schon mäßigem Drucke rasches Erblinden folgt. Gelingt es aber auch am unversehrten Thiere etwas von den photoelectrischen Schwankungen wahrzunehmen, nachdem eine Electrode an die Cornea,

die andere auf den Kopf oder an einen beliebigen Körpertheil gesetzt worden, so wird dieses Verfahren, wenn überhaupt einwandsfrei, schwerlich ein vollkommenes Bild der Einzelheiten in dem Verlaufe complicirter Stromesschwankungen geben. Die Möglichkeit, daß die Verhältnisse bei den Warmblütern übereinstimmender mit denen des Frosches noch gefunden werden, ist deßhalb nicht ausgeschlossen.

Den vorstehenden Erwägungen gegenüber gewinnen die vom Frosche zu den Fischen gefundenen Differenzen besondere Bedeutung, denn hier sind die Erscheinungen auf beiden Seiten an allen Objecten und durch alle Alterationsstadien verfolgt und der Differenzen so viele und gewichtige nachgewiesen, daß selbst der anscheinend geringfügigere Unterschied der frischesten Objecte mehr Beachtung verdient, als es scheinen würde, wenn man nur diesen kennte. Abgesehen von den nur quantitativen Differenzen bezüglich der positiven Schlußschwankung, liegt der Unterschied in dem nur bei den Fischen gefundenen, dort genauer erörterten zögernden Verlaufe der ersten positiven. Da zeitmessende Versuche darüber nicht vorliegen, können die oben gegebenen graphischen Darstellungen dieses Verhaltens natürlich keinen Anspruch auf vollkommene Treue machen, aber wir dürfen hinzufügen, daß Autographe die Verzögerung weniger bescheiden ausdrücken würden, denn die Bewegung des Scalenbildes ist in Wirklichkeit der Art, daß der Beobachter in der Regel auf das Signal Licht zuerst an Wirkungslosigkeit des Präparates glaubt, bis sich die Scala dann äußerst langsam beginnnend, darauf wenig beschleunigt, endlich rasch verschiebt.

Wenn die photoelectrischen Schwankungen vornehmlich von den Sehzellen herrühren, so enthalten die Differenzen in der Thierreihe angesichts der außerordentlichen Mannigfaltigkeit des Baues und der chemischen Zusammensetzung der Stäbchen und Zapfen nichts Ungereimtes; man müßte sich vielmehr darüber

wundern, daß die vorhandenen Untersuchungen an den Warmblütern, vom Säuger zum Vogel, wo die Sehzellen den größten Wechsel aufweisen, keine solche ergeben haben. Vom Frosche zu den Fischen wären die photoelectrischen Differenzen wegen des außerordentlich großen Unterschiedes in den Elementen der Sehzellenschicht beinahe vorauszusetzen, nur käme es darauf ab zu wissen, welche morphologischen und chemischen Charaktere die wesentlichen oder bestimmenden seien, was vergleichend physiologischen Arbeiten als anziehender Lohn in Aussicht stände.

Es sind nur wenige Erfahrungen, die wir in dieser Beziehung anzuführen haben. Das Aalauge, das keine Chorioïdaldrüse und nur sehr kleine Zapfen in der Retina hat, wurde bereits neben dem der übrigen Fische erwähnt. Einige Versuche am Auge des Bleys (Abramis Brama), wo zwar die Sehzellen nicht wesentlich von denen der übrigen Fische mit Nebenkiemen abweichen, wohl aber jenes merkwürdige Guaninepithel die Stäbchen und Zapfen umkleidet, ergab keine photoelektrischen Differenzen. Unter den nächsten Verwandten des Frosches (R. esculenta und temporaria verhalten sich gleich) wurden bis jetzt Bufo vulgaris, Triton cristatus und Salamandra maculosa herangezogen, die Kröte wegen der fast vollkommenen Uebereinstimmung ihrer Retina mit der Froschretina, die sich bis zum Vorkommen der merkwürdigen, wie es scheint, nur die ungeschwänzten Batrachier auszeichnenden grünen Stäbchen erstreckt, der Salamander, weil er keine grünen Stäbchen, aber sehr ausgebildete Doppelzapfen besitzt, Triton wegen der ungemein abweichenden, conischen Uebergangsbildungen, welche sowohl den Stäbchen als den Zapfen gleichen und sich durch Armuth an Sehpurpur auszeichnen.

Bley (Abramis Brama).

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung auf Licht. Scth.	Bemerkungen.
I. a	+175	0	ganzer Bulbus.
	+ 10	— 1/2 + 1 1/2	Hohlschaale mit Linse.
	+ 11	—20 +17	1/4 der isolirten Retina hinten mit Guaninbrei bedeckt.
	+ 10	—24 +17	„
	+ 6	—26 +20	„
b	— 40	+18 —13	2. Auge; schwarzer Theil der Retina.
	— 39	+17 —13	„
c	— 55	—10 + 1	tapetirtes Stück derselben Retina.
II. a	?	+ 4 0	ganzer Bulbus.
		+ 7 — 3	
b	+338	—12 + 6	Hohlschaale ohne Linse.
	+344	—13 + 7	„
c	+ 18	—16 + 8	isolirte Retina.
	+ 18	—14 + 8	„

Kröte (Bufo vulg.).

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung auf Licht. Scth.	Bemerkungen.
III. a	+110	+ 1 + 1	ganzer Bulbus.
b	+202	+ 3 + 6	zweiter Bulbus.
c	+118	+ 1/2 — 5 1/2 + 5	Hohlschaale davon.
d	+ 13	—55 +15	isolirte Retina daraus.

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung auf Licht. Scth.	Bemerkungen.
IV. a	+ 16	—64 +30	andre Kröte; isolirte Retina.
	+ 16	—45 +22	Strom kehrt bei L. f. jedesmal nach der +S. langsam zur alten Größe zurück.
b	+ 78	—69 +20	zweite Retina.
V. a	+ 40	—85 +15	neues Thier; isolirte Retina.
	+ 20	—83 +19	„
b	— 55	+65 — 9	Retina des andern Auges.
	— 20	+50 — 5	„
VI. a	+ 98	— 5 0	Bulbus 24 St. im Dunkeln aufbewahrt nicht eingesunken. Pupille reagirt vortrefflich auf Licht.
	+ 87	— 5 + 1	
b	+ 87	— 5 0	zweites Auge ebenso, etwas verletzt.

Salamandra maculosa.

Vers.	Dunkelstrom.	Schwankung auf Licht.	Bemerkungen.
VII. a	+ 21	—17 + 8	Stücke der hinteren Augenwand.
		— 9 + 7	„
b	— 46	+29 —13	isolirte Retina.
	— 12	— 6 + 8 —10	„
	— 47	—11 +12 — 7	„

Triton cristatus.

Vers.	Dunkelstrom.	Schwankung auf Licht.	Bemerkungen.
VIII. a	+ 19	— 7 + 4	Hohlschaale mit Linse.
	+ 38	— 4 + 4½	„
	+ 31	— 4 + 3½	„

Vers.	Dunkelstrom. Scth.	Schwankung auf Licht. Scth.	Bemerkungen.
b	+ 11	— 8 + 2	dasselbe Präparat vom andern Auge.
	+ 3	— 4 + 4	"
c	+ 15	—12 +12	isolirte Retina aus dem ersten Auge.
	+ 12	—12 +10	"
d	+ 18	—20 + 7	aus dem zweiten Auge.
	+ 4	—18 +10	"
IX.	+131	— 5 + 9	andrer Triton; Hohlschaale mit Linse.
	+145	— 5 + 9	"
	+136	+ 1/2 — 1 1/2 + 1 1/2	Zweiter Bulbus; unversehrt.
	+131	+ 1 — 2 + 1	"

Diese Versuche bedürfen der Wiederholung bei günstigerer Jahreszeit, denn wenn man die Zahlen überblickt, so scheint es, als ob die Amphibien sich weniger dem Frosche, als den Fischen näherten. Beim Salamander trifft dies aber sicher nicht zu, da die isolirte Retina die dreifache Schwankung der Froschretina wiederholt deutlich zeigte. Wir müssen das Gleiche, als das normale aber auch für die Kröten und Tritonen vermuthen, weniger weil zuweilen jene 3 Schwankungen ebenfalls auftraten, worauf wegen der Kleinheit der Ausschläge nicht zu viel zu geben ist, sondern weil der zeitliche Verlauf der Scalenbewegung viel mehr an den Frosch, als an die Fische erinnerte, indem namentlich die größtentheils nur als pseudopositive zu bezeichnenden Schlußschwankungen weit plötzlicher auftraten, als bei den Fischen unter gleichen Bedingungen. Die Erscheinung glich durchaus der von

einer großen Zahl der Winterfrösche am Schlusse der Belichtung gewohnten, wo der positive Vorschlag der negativen Schwankung beim Kommen des Lichtes abnormer Weise fehlte.

VI. Von der Ursache der photoelectrischen Schwankungen.

Daß die photoelectrischen Vorgänge im Auge vornehmlich auf veränderliche electromotorische Kräfte und nicht auf Widerstandsänderungen zu beziehen seien, wurde von Anfang an wegen der Analogieen mit den bekannten Erscheinungen an Nerven, Muskeln und anderen irritablen Geweben vermuthet und geht aus den vorliegenden Darstellungen schon hervor, da vermuthlich *Holmgren* schon das fast selbstverständliche Compensationsverfahren verwendete, von dem wir auch in der Mehrzahl der Fälle vor jeder Belichtung Gebrauch machten, wenn es nicht grade bequemer war, den Gang des Dunkelstromes in den Pausen gelegentlich ohne Compensation zu verfolgen.

Bei der großen Verschiedenheit der Widerstände des ganzen Auges und der daraus hergestellten Präparate bis zur nackten Retina hin, hatte es Interesse, sowohl die electromotorische Kraft des Dunkelstromes wie die der Schwankungsströme zu bestimmen und es wurde daher versucht, die Kraft für den Bulbus und die Netzhaut in Bruchtheilen der Kraft eines *Daniell*'schen Elements auszudrücken. Wir bedienten uns dazu des von *du Bois-Reymond* angegebenen Verfahrens [1]).

Um die uns früher schon beim Gebrauche eines kupfernen Compensatordrathes von 0,8 mm. Durchmesser ersichtlich gewordene geringe E. K. der Netzhautströme wenigstens, welche kaum an die eines Nerven heranreichen, genügend abstufen zu können,

---

[1]) Gesammelte Abhandl. II. S. 234.

erhielt das Reochord einen Kupferdrath von 1,05 mm. Durchmesser, und um für diese Verhältnisse eine handliche Zahl der Graduationsconstante zu gewinnen, wurde dem so wenig Widerstand bietenden Drathe eine Länge von 10 Metern gegeben. Die so erzielte Graduationsconstante betrug 0,00002 D.

Die folgenden am Frosche gefundenen Werthe sind weder maximale noch minimale, sondern entsprechen den Zahlen, welche in einer Reihe nur zu diesem Zwecke ausgeführter Versuche erhalten wurden. Einerseits wurde der Dunkelstrom, andrerseits die Größe der Schwankungen bestimmt; beim Bulbus regelmäßig die erste positive Schwankung, bei der Retina die Größe der wirklichen negativen, sei es daß dieselbe, wie so häufig bei den Winterfröschen, allein oder mit dem positiven Vorschlage auftrat.

Bulbus.	Dunkelstrom in Dan.	Erste + Schwankung in Dan.	
1.	0,00914	0,00032	
2.	0,00772	—	
3.	0,00664	0,00046	
4.	0,00544	0,00016	2. + (Schluß-)Schwankung 0,00034.
5.	0,00082	0,00028	
5a.	0	0,00044	
Retina, isolirt.	**Dunkelstrom in Dan.**	**Negative Schwankung in Dan.**	
1.	0,00011	0,00022	
2.	0,00102	0,00040	
2a.	0,00034	0,00014	bei vorausgegangener + S.
3.	0,00200	0,00184	
3a.	0,00038	0,00028	b. v. + S.
4.	0,00260	0,00088	"
4a.	0,00044	0,00014	"
5.	0,00056	0,00036	"

Die Bestimmung der ersten positiven Schwankung am Bulbus bereitet, da sie während mehr als minutenlanger Belichtung anhält, keine Schwierigkeit, ebensowenig, wo sie allein auftrat, die in gleicher Weise anhaltende negative an der isolirten Retina. Dagegen war des raschen Verlaufes wegen, der ersten und zweiten

positiven an der Retina mit dem Compensator kaum zu folgen. Wo die negativen Schwankungen mit positivem Vorschlage gemessen wurden, begann die Compensation in dem Momente, wo die negative das Vorzeichen ihres Werthes wirklich umkehrte, also mit vollkommenem Ausschlusse des Vorschlages.

Nach diesen Messungen wird kaum angenommen werden, daß Widerstandsänderungen an den electrischen Vorgängen im Sehorgane Antheil haben, und es gäbe demnach keinen Grund für die, seit *Willoughby Smith*'s merkwürdiger Entdeckung der Widerstandsänderung des Selens durch Licht, mehrfach gehörte Vermuthung, daß die Retina nicht nur der Selenplatte vergleichbar sei, sondern auch das Vermögen, Lichtbewegung in Nervenerregung umzusetzen, dem gleichen photoelectrischen Verhalten danke. Nach der jüngsten glänzenden Verwendung, welche *Graham Bell* dem widerstandsveränderlichen Selen am Telephon zu geben wußte, indem er dieses zum Photophon verwandelte, mußte man sich freilich sagen, daß es kein Kunststück mehr sein werde, Lichtschwankungen aller Art zur Erregung des physiologischen Rheoskops tauglich zu machen, aber dies würde physiologische Probleme zunächst in derselben äußerlichen Weise nur berühren, wie etwa der so ziemlich von Jedermann nach dem Ankaufe des ersten Telephons angestellte Versuch, Froschschenkel durch Anrufen zum Zucken zu bringen, welcher Niemand auf den Gedanken bringt, das Gehörlabyrinth dem Telephon zu vergleichen. Indeß machten die Andeutungen *Bell*'s über ein allgemeineres Vorkommen der photorheostatischen Eigenschaften des Selens an allerlei andern, dessen kaum verdächtig gewesenen Dingen es fast zur Pflicht, die Netzhaut in dieser Richtung nicht ungeprüft zu lassen.

Die überlebende Retina wußten wir dazu vorerst in keiner andern Weise zu verwenden, als indem wir den Dunkelstrom mit Hilfe des Compensatorstromes entweder verstärkten oder aufhoben

und einen entgegengesetzten Strom durch das Präparat sendeten. In dem Grade, in welchem dies ohne Aenderung der stets benutzten Einrichtungen ausführbar war, haben wir den Versuch sehr häufig angestellt, an nicht mehr auf Licht reagirenden Präparaten aller Art fast regelmäßig, ebenso an schwach reagirenden, sowie an ohne Licht stromlosen, ohne aber jemals auf Etwas zu stoßen, das photorheostatische Aenderungen auch nur hätte vermuthen lassen. Wo Reaction auf Licht bestand, zeigten sich die Schwankungen unter jenen neuen Verhältnissen vielmehr in jeder Beziehung unverändert, während das Licht da, wo es nach irgendwelchen Mißhandlungen des Präparates, wie durch Frierenlassen, Erwärmen, Kohlensäurewirkung, Tetanisiren des Bulbus oder der Retina (was die Schwankungen sehr rasch aufhebt) für sich keine electrische Reaction mehr veranlaßte, auch während der Durchströmung ohne Einfluß blieb. Hierauf wurde versucht, ob stärkere Ströme einiger *Daniell'*-scher oder *Grove*'scher Elemente in der einen oder andern Richtung durch die Retina oder durch den ganzen Augengrund gesendet veränderlichen Widerständen begegneten, wenn man abwechselnd Licht zum Objecte treten ließ. Im letzteren Falle wurde besonders rasche intermittirende Belichtung von sehr verschiedener Frequenz angewendet und zum Telephon oder zum Froschschenkel gegriffen; indeß stets resultatlos. Dabei wurde gelegentlich starke negative, den zugeleiteten Strom ziemlich lange überdauernde Polarisation der Retina gefunden, unabhängig, wie zu erwarten, von dem Verhältnisse der Richtungen des polarisirenden und des Dunkelstromes. Doch gab auch der spätere Polarisationsstrom keiner zuvor um die photoelectrische Reaction gebrachten Netzhaut das Vermögen dazu wieder. Die zugeleiteten Ströme setzten den Beobachtungen übrigens sehr bald eine Grenze, da sie die Retina tödteten, wie es scheint durch die mit den Thon-Lungenelectroden nicht zu umgehende Ausscheidung electrolytischer Schädlichkeiten. Man brauchte eine frische Netzhaut nur auf

die einmal benutzten Lungen zu legen, um sie alsbald reactionslos gegen Licht zu finden.

Da in der gewöhnlich epithellos erhaltenen Netzhaut keine Andeutungen photorheostatischer Vorgänge zu entdecken waren, konnte die Frage nach solchen noch bezüglich der epithelbedeckten oder des Retinaepithels selbst, das bisher überhaupt nicht photoelectrisch wirksam gefunden worden, aufgeworfen werden. Um darüber Aufschluß zu erhalten, setzten wir aus starken, $^1/_2$ pCt. NaCl enthaltenden Leimlösungen gegossene, kurze Cylinder, deren eines Ende durch Abschmelzen eine in den Grund des Froschauges genau passende halbkuglige Form erhalten hatte, in Augen, deren Retina unter Hinterlassung des ganzen Epithels ausgeschlüpft war, und leiteten einerseits mittelst einer die Sclera hinten weit umfassenden Thonelectrode, andrerseits mit Hilfe des an seinem Mantel rings von Thon umschlossenen durchsichtigen Leimcylinders electrische Ströme durch das Präparat, das dann von einem unter der Leimelectrode angebrachten Spiegel nach Wunsch Licht erhielt. Das in jeder Weise modificirte Experiment ergab nur negative Resultate und weder das Epithel mit Chorioïdea und Sclera, noch erstere beiden allein zeigten während des Durchganges von Strömen verschiedenster Kraft und wechselnder Richtung an irgend welchem Rheoskope Schwankungen der Stromintensität bei irgend einer Art des Belichtens an, wie es hätte eintreten müssen, wenn das Licht die Widerstände änderte. Da bei derartigen Versuchen auf möglichst kleine Widerstände Werth zu legen ist und das letztverwendete Verfahren dieselben am meisten verminderte, wurde es auch an dem gesammten Augengrunde mit der Retina, ferner an dieser im epithelfreien oder epithelbedeckten Zustande benutzt: jedoch ohne Erfolg.

Endlich ließen wir die gesammten, in entfärbter Galle von 2,5 pCt. löslichen Stoffe der Retina oder des Epithels, sowie Mischungen beider Lösungen in 6 Ctm. langen U-förmigen Röhren

von etwa 1 Ctm. Durchmesser gefüllt, mittelst der unpolarisirbaren, jederseits eintauchenden Electroden durchströmen und sowohl in toto, wie an einzelnen Stellen oder an einer der Electroden vom Lichte treffen. Wie die Belichtung für sich daran keine electromotorischen Kräfte hervorrief, so erzeugte sie auch keine Aenderungen des Widerstandes.

Der letztere Versuch wird nicht verfehlen, an *Holmgren*'s eigenthümliches Unternehmen zu erinnern, die Abwesenheit photoelectrischer Schwankungen an einem in Alaun gehärteten Kaninchenbulbus ausdrücklich zu erweisen [1]). Immerhin kann jener Versuch, wie der unsrige und gleich unseren Erfahrungen an der im Dunkeln ohne Alaunbehandlung abgestorbenen, mit unverändertem Sehpurpur versehen gebliebenen, aber electrisch unwirksam gewordenen Retina dazu dienen, die photoelectrischen Vorgänge mit den photochemischen in der Netzhaut für nicht direkt verbunden zu erklären, keineswegs indeß, um *Holmgren*'s Ansicht zu stützen, daß der Sehpurpur auch mit dem Sehen nichts zu schaffen habe, was nicht einmal durch das „Sehen ohne Sehpurpur" [2]), geschweige denn durch *Holmgren*'s Constatirung der electrischen Schwankungen an Augen mit lichtgebleichtem Purpur oder nach unsern Beobachtungen der Schwankungen an ausgeblichenen Froschnetzhäuten wahrscheinlich wird.

Indem wir den in dieser Abhandlung geschilderten Vorgängen den Namen photoelectrischer gaben, wählten wir nur unter dem Zwange des Gebrauches einen bequemen Ausdruck und verbanden damit keine Beziehung zu ähnlich bezeichneten, wie z. B. den thermoelectrischen.

Wir sind vielmehr der Meinung, daß zwischen dem Zutreten des Lichtes und den electrischen Vorgängen mindestens

---

[1]) Bd. II. dsr. Unters. S. 81.

[2]) Vergl. Bd. I. dsr. Unters. S. 119.

ein Vorgang liege, der als erstes Glied der langen Kette, die Empfindung heißt, aufzufassen ist. Kann man annehmen, daß der photochemische Proceß der Purpurbleiche auch in den geschichteten Außengliedern der Stäbchen für sich keine electrischen Kräfte entwickelt, so wird dies auf alle hypothetischen Sehstoffe zu übertragen sein, mögen dieselben in den Außengliedern der Sehzellen oder in deren Innengliedern selbst, ja in den Bärten der Epithelien, die an jene heranreichen, stecken. Wir sind sehr geneigt, keinen der Zersetzungsprocesse, welche das Licht an diesen Stoffen erzeugt, für die direkte Ursache der electrischen Vorgänge zu halten, sondern vermuthen deren Quelle, wie bei allen thierisch-electrischen Erscheinungen in dem regsamsten, nicht cuticular erhärteten, also in den Innengliedern der Sehzellen enthaltenen Protoplasma, dessen Erregung durch photochemische Zersetzungsproducte (Sehreger) sich u. A. in dem Auftreten und in dem Wandel [1]) electrischer Kräfte zu erkennen giebt. Demnach sollen die photoelectrischen Vorgänge wol als objective Zeichen des Sehactes in den Sehzellen betrachtet werden, so gut wie der photochemische Proceß der Purpurbleiche, aber als von anderer Ordnung, nämlich als physikalische Zeichen jenes Zustandes der Erregung, welcher der unmittelbare Vorläufer der Erregung in der zugehörigen Nervenfaser (Stäbchen- und Zapfenfaser) ist.

Um ein Bild zu gebrauchen, mag man sich einen Muskel, aufgehängt in einer Glasröhre, sammt dieser als das vorliegende Object denken und annehmen, daß zu den z. B. mit Salmiak beschlagenen inneren Glaswänden etwas Kalilauge trete und in

---

[1]) Es wird kaum nöthig sein, ausdrücklich hervorzuheben, daß der Name „Schwankungen“, den wir nebst den Prädicaten „positiv“ und „negativ“ gegeben vorfanden, in vielen Fällen ein uneigentlicher, nicht direkt zutreffender ist, da man bei stromloser Retina von Schwankungen und deren Vorzeichen nur reden kann, wenn ein bestimmtes Spannungsverhältniß der Vor- und Rückseite der Retina von andern Fällen her zu Grunde gelegt wird.

der Röhre NH_3 entwickle; dann würde das Aetzkali dem Lichte oder dem Reize erster Ordnung, der Salmiak dem Sehstoffe (Purpur), das Aetzammoniak dem Sehreger (Schweiß) entsprechen, die Bildung des NH^3 und des KCl dem photochemischen Processe oder dem Reize zweiter Ordnung, die myoelectrische Schwankung den photoelectrischen Vorgängen; und wie es Gründe giebt, neuroelectrische Vorgänge als Erreger der myoelectrischen und der Muskelcontraction anzusehen, so könnten auch die photoelectrischen in den Sehzellen Erregungsmittel der peripheren Opticusausstrahlung werden.

Erklärung der Tafeln.

Tafel 3.

Schematische Uebersicht der photoelectrischen Schwankungen.

Die Abscissenaxe *o o* ist nur für die obersten, dem Strome des N. opticus angehörigen Curven als fest anzunehmen, während sie für sämmtliche übrigen jede Höhe unter oder über denselben einnehmen kann.

Die auf weißem Grunde verzeichneten Curvenstücke geben den Gang des Stromes beim Kommen und während der Dauer der Belichtung wieder, die auf schwarzem Grunde links von den weißen Theilen den Dunkelstrom, rechts die mit der Lichtentziehung beginnenden Schwankungen.

Tafel 4.

Dunkelströme und photoelectrische Schwankungen

nach z. Th. in den Tabellen angegebenen, z. Th. nur für die graphische Darstellung ausgeführten Versuchen.

Die Abcissenaxe konnte nur bei dem einen, durch die bezifferte Scala hervorgehobenen Versuche gezeichnet werden; die Abscissenabschnitte für Licht (weiß) und Dunkelheit (schattirt) sind willkürliche, da die Zeiten in die Darstellung nicht mit aufgenommen sind und wechselnde waren. 1 mm. Ordinatenhöhe = 1 Scth. der Ablesung; mit — Vorzeichen versehene Zahlen bedeuten abnorme Richtung des Retinastromes (+ Stäbchenseite) und daß die Figur u n t e r der Abscisse zu denken ist.

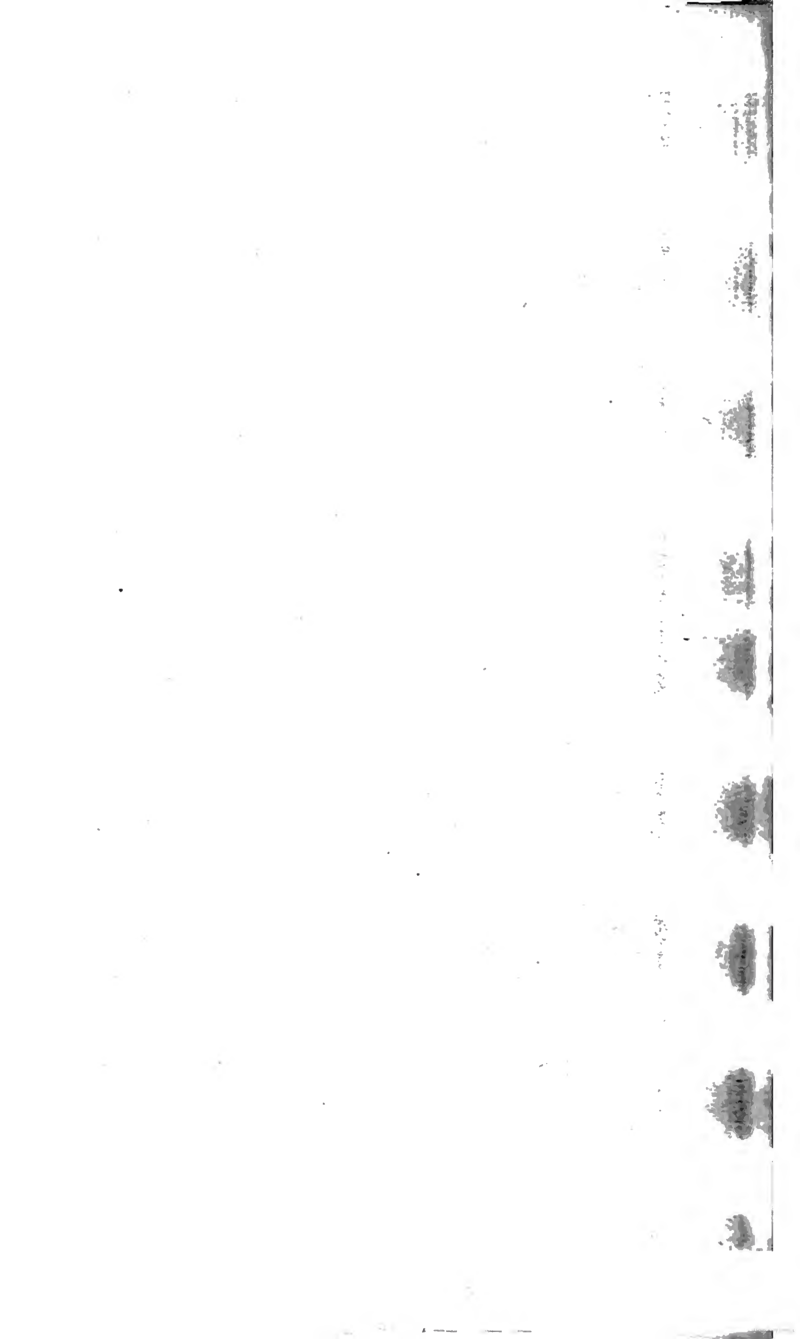
Im Allgemeinen sind, um die Darstellung in mäßigem Raume geben zu können, Versuchsreihen mit kleinen Ausschlägen gewählt, ausgenommen beim N. opticus und dem unversehrten Bulbus. 1 Theilstrich des Netzes = 5 mm.

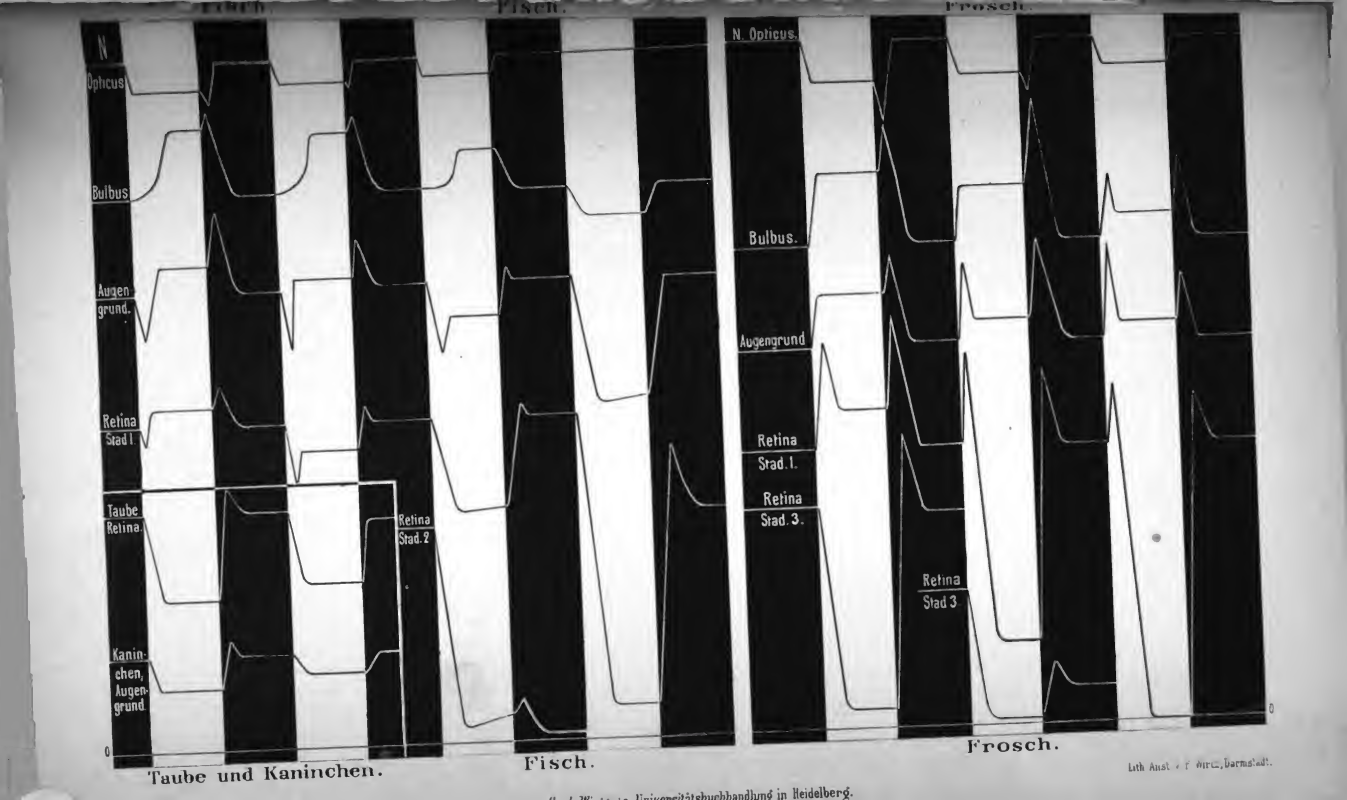
Kühne, physiol. Untersuchunge

Fig. 2.

Fig. 3.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.





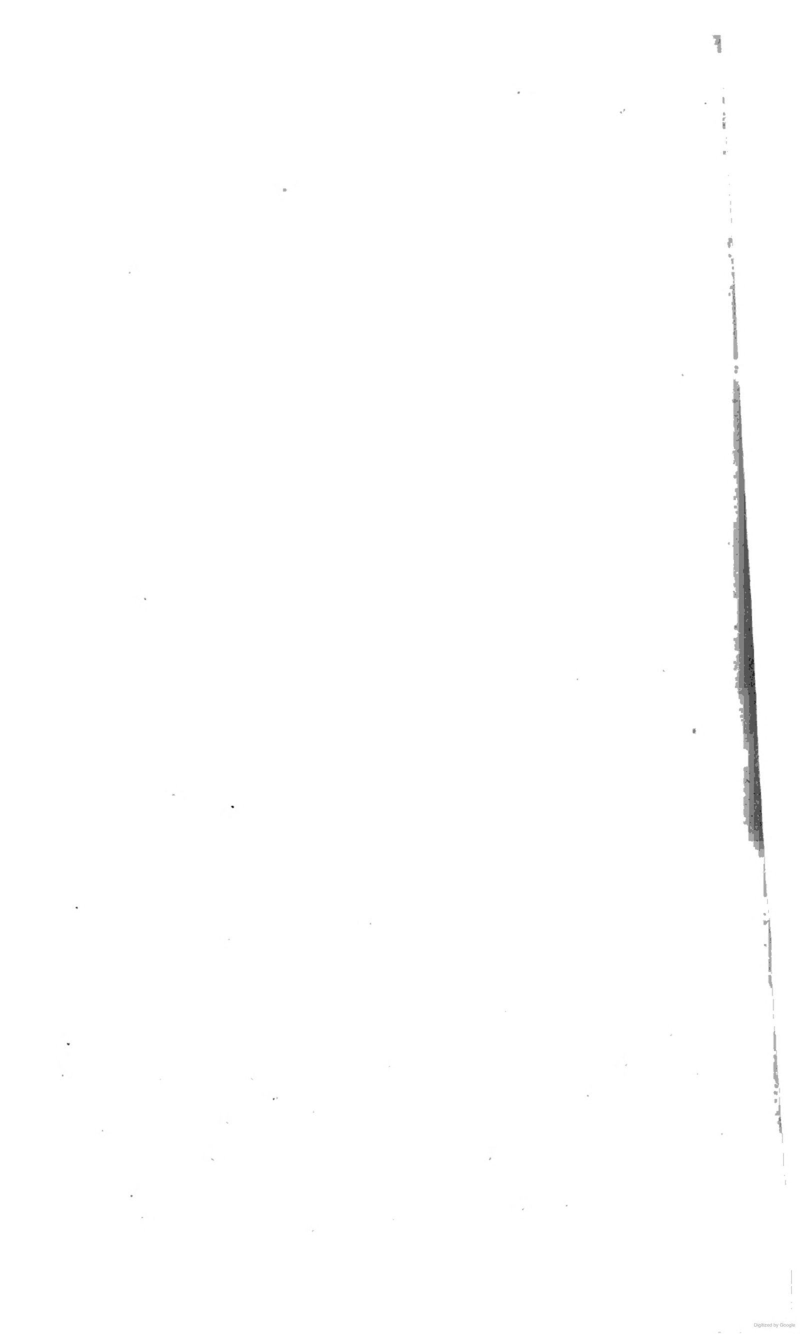
Taube und Kaninchen.

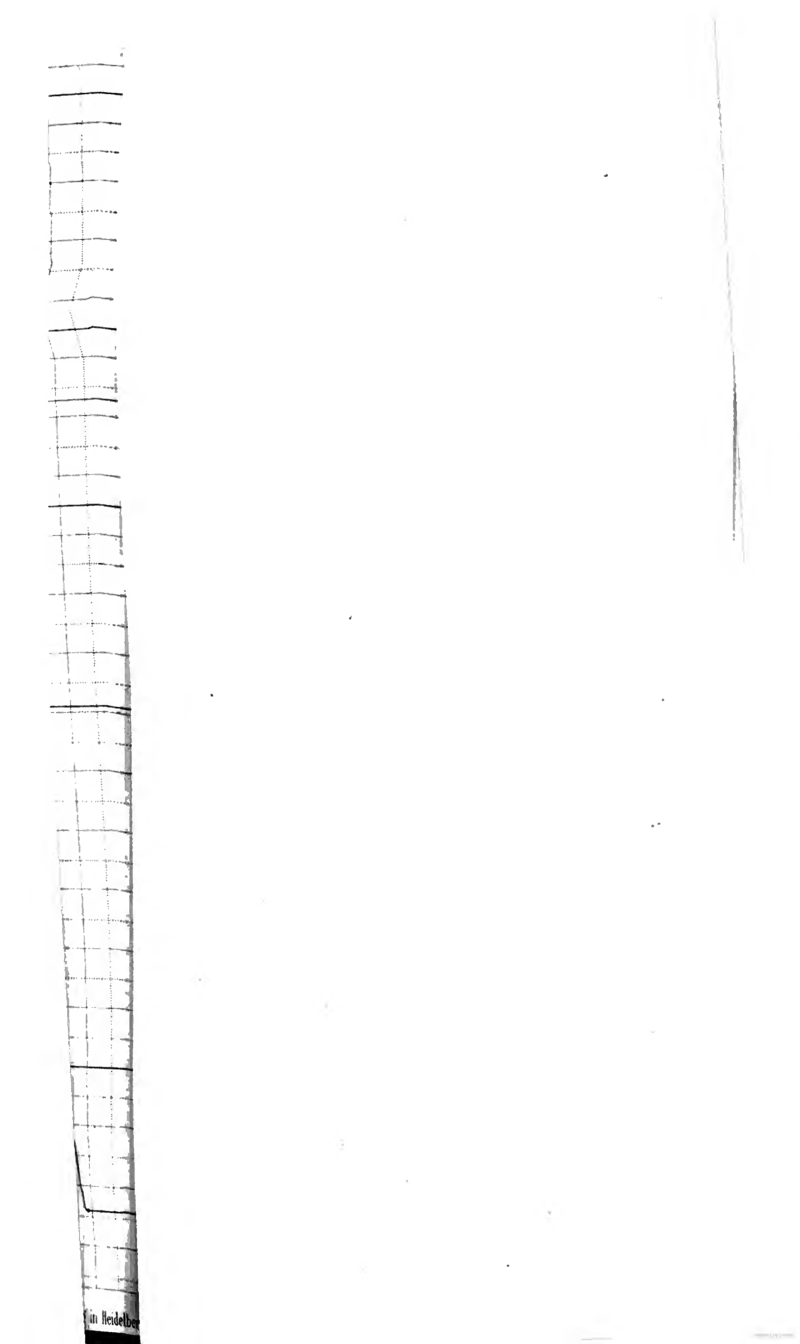
Fisch.

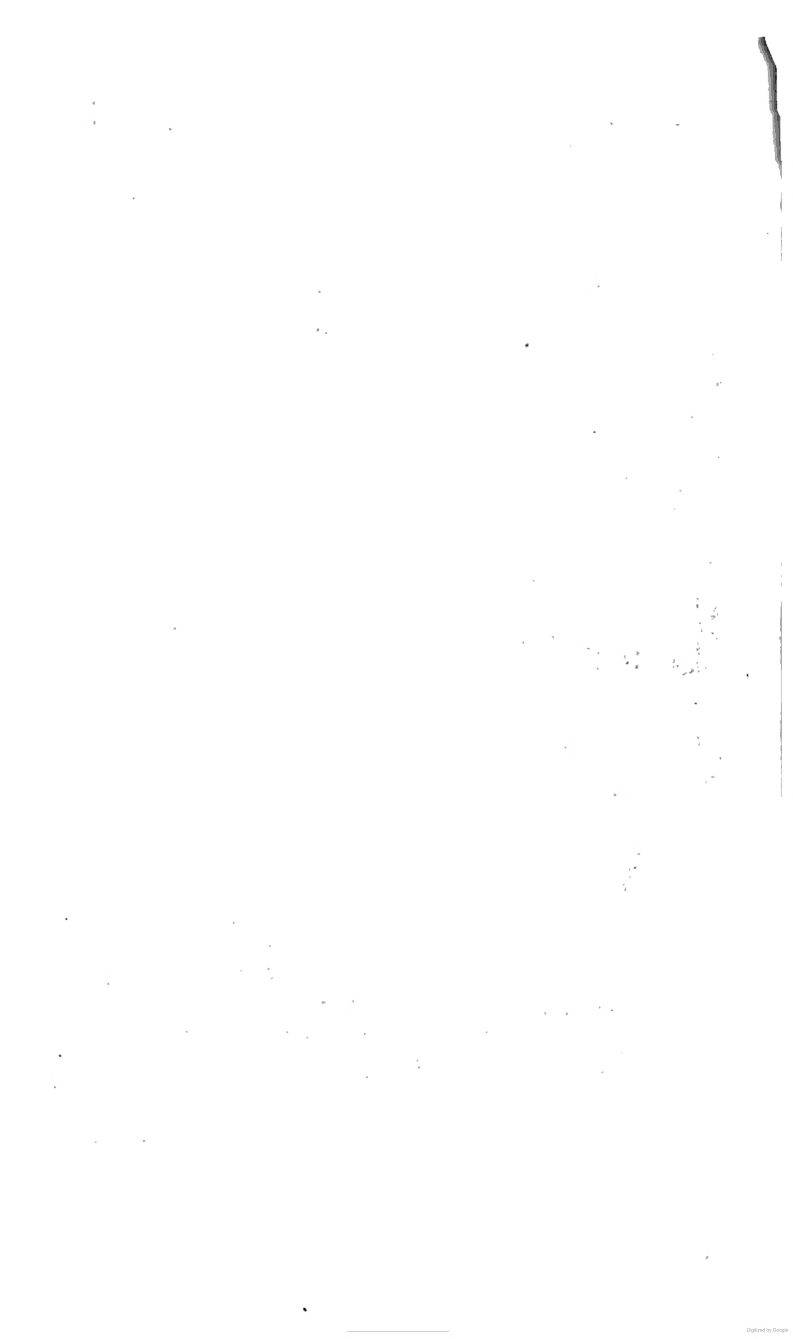
Frosch.

Lith Anst v. F. Wirtz, Darmstadt.

... Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.







1882

Beiträge zur Optochemie.

Von

W. Kühne.

I. Die Präexistenz der Chromophane.

(Mit Taf. V.)

Chromophane habe ich die Stoffe genannt, welche den färbenden Bestandtheil der bunten Oelkugeln in den Zapfen der Netzhaut bilden und nach Verseifung des Fettes von diesem getrennt, durch verschiedene Lösungsmittel einzeln erhalten werden[1]. Aus der Vogelretina war es *Ayres* und mir[2] gelungen drei solcher Fettfarbstoffe abzuscheiden, den Färbungen der Zapfenkugeln entsprechend einen rothen, einen orangefarbenen und einen gelbgrünen, während wir mittelst derselben Methode aus dem homogen gefärbten Fette des Eidotters, der corpora lutea, des Froschfettes und der gelben Kugeln des Epithels der Froschretina nur je einen Farbstoff zu gewinnen vermochten.

Unerwarteter Weise sind gegen die Präexistenz und Unterscheidbarkeit der Chromophane, deren übereinstimmendes Aussehen mit den Färbungen der Zapfen innerhalb der Retina von Augenzeugen nur überraschend gefunden wurde, Widersprüche erhoben worden, von 2 Seiten und auf verschiedene Begründungen hin: von *G. Wälchli*[3]) vornehmlich auf Grund spectraler Be-

[1]) Handb. d. Physiol., herausg. von *L. Hermann.* Bd. III. 1. S. 290.

[2]) Diese Unters. I. S. 341.

[3]) *v. Græfe*'s Arch. f. Ophthalmol. XXVII. 2. S. 303.

obachtungen, von *F. Hoppe-Seyler*[1]) in Folge chemischer Betrachtungen; beide begegnen sich aber darin, daß sie die isolirten Chromophane weder gesehen noch darzustellen versucht haben.

Wälchli behauptet, die Absorptionsspectra der retinalen Oelkugeln seien so verschieden von den durch *Ayres* und mich den Chromophanen zugeschriebenen, daß auf ein verfehltes chemisches Verfahren der Isolirung der Pigmente zu schließen sei, während *Hoppe-Seyler* die spectralen Unterschiede ebenso wie die der natürlichen Färbung für nichtssagend erklärt und nach dem chemischen Verhalten das Vorkommen verschiedener Zapfenfarbstoffe bezweifelt. So kommt der Eine zwar mit uns zu dem Schlusse, daß die Vogelretina mindestens 3 Farbstoffe enthalte, aber 3 neue statt der Chromophane, während der Andere der, wie wir hofften, ausschließlich dem Marchese *Stefano Capranica*[2]) gehörenden Meinung Raum läßt, daß nur ein Farbstoff die bekannten Nuancen vom Purpur bis zum Gelbgrün bedinge.

1. Widerlegung der von Wälchli vorgebrachten Einwände.

Herr *Wälchli* beginnt mit dem Vorwurfe, daß ich die älteren mikrospectroskopischen Befunde *Talma*'s[3]) an den Zapfenkugeln der Vogelretina, welche unseren Chromophanspectren „widersprächen", nicht „weiter beachte" und daß ich das *Browning*'sche Spectralocular, womit *Talma* gearbeitet hatte, nicht genügend würdige. Ich erwidere darauf zunächst summarisch, 1. daß *Talma*'s thatsächliche Befunde nirgends mit den unsrigen im Widerspruche sind, 2. daß Herr *Wälchli* selber genöthigt war an Stelle des *Browning*'schen Apparats einen neuen „besseren" zu benutzen.

In der Arbeit *Talma*'s werden auf kaum einer halben Seite

---

1) Physiol. Chemie. S. 697.

2) Arch. f. Anat. und Physiol. Physiol. Abth. 1879. S. 283.

3) Onderzk. g. i. h. physiol. Lab. t. Utrecht. III. Bd. II. S. 259.

weitesten Druckes sehr schmale, jederseits „oval“ abschneidende, der Länge nach von „dunklen Rändern“ begrenzte Absorptionsspectra beschrieben. Nach Aussage dieser Spectra ergaben die rothen Kugeln Absorption „allen Lichtes“ etwa von *D* an bis zum Ende des Violett, die orangefarbenen „allen Lichtes“ von einem Punkte zwischen *D* und *b* an, die gelben und grünen Kugeln „vielleicht ein wenig“ Einschränkung beider Enden des Spectrums, von welchem sie nur die „gelben und grünen“ Strahlen ungehindert durchließen. Darin und in der resümirenden Bemerkung, daß die Spectra „volkomen continu“ erschienen und dunklerer Absorptionsbänder „geheel en al“ entbehrten (wie sich von selbst verstand, wo „alles Licht“ einer Seite absorbirt war), soll nach *Wälchli* ein Widerspruch, den wir zu erklären oder zu beseitigen verpflichtet gewesen wären, liegen gegen unsere Entdeckung der Absorptionsstreifen der Chromophane. Da man weder von Herrn *Wälchli*, noch von den Herren *Donders* und *Engelmann*, unter deren Leitung Herr *Wälchli* arbeitete, die Absicht voraussetzen darf, die im physiologischen Institute zu Utrecht unter derselben Leitung entstandenen Beobachtungen *Talma*'s mehr als zulässig in den Vordergrund zu stellen, so ist es klar, daß bei der Verweisung auf dieselben und auf das hinzugefügte, nichts präjudicirende Negativum wirklich die allereinfachste und nächste, dem Leser wie selbstverständlich einfallende Ueberlegung vergessen wurde, daß man über An- oder Abwesenheit von Absorptionsstreifen nur zu entscheiden pflegt, indem man die Concentration oder Schichtendicke des Absorbenten variirt, was bei den Zapfenkugeln von *Talma* gar nicht, von Herrn *Wälchli*, wie wir noch sehen werden, ganz ungenügend versucht wurde. Uns selber gegen Herrn *Talma* im Widerspruche zu finden, wäre also kaum loyal gewesen und wir müssen bekennen, trotz der Bekanntschaft mit seinen vorsichtigen Angaben, von dem Anblicke der gestreiften Chromophanspectra gar nicht überrascht worden zu sein, da die

Bänder ohne Ausnahme in Regionen fielen, in denen er bereits Absorption bemerkt hatte. Wenn Herr *Talma* heute einen Nachfolger findet, der aus der Bezeichnung: „continuirliches Spectrum" ein Schlagwort macht, so ist er dafür nicht verantwortlich und noch weniger dafür, daß dieser Widersprüche, die er aus eigenen neueren Beobachtungen gegen die unsrigen schöpft, so darstellt, als ob sie schon in denen seines Vorgängers enthalten gewesen seien, und als „außerordentliche Differenzen" bezeichnet. Herrn *Wälchli* muß dies gesagt werden, weil er den Punkt, auf welchen es bei den uns zu *Talma*'s Gunsten gemachten Vorhaltungen allein ankam, nirgends berührt, daß eben nicht in der älteren, sondern erst in seiner neueren Arbeit von dem nothwendigen Versuche, die Zapfenkugeln abzuplatten, die Rede ist und weil er mit den seine Befunde einleitenden Worten: „zunächst ergab sich im Allgemeinen eine Bestätigung der *Talma*'schen Resultate", nachherkommende und niemals als solche bezeichnete wichtige Differenzen abschwächt, die er gegen *Talma* geltend zu machen hätte. Im Besonderen ergiebt die Durchsicht seiner Resultate 1. für die rothen Kugeln wohl Verdunklung von *D* an, aber 2 Maxima der Absorption, also ein Spectrum, das der Bezeichnung „volkomen continu" schwerlich entspricht; 2. für die orangefarbenen bald Absorption vor *b*, wie es *Talma* wollte, bald aber hinter *b* beginnend und möglichst deutlich zwischen *b* und *F* in dem Spectrum, das Herr *Wälchli* zum vermeintlichen Gegensatze gegen unsre Zeichnung des Xanthophanstreifens abbildet[1]); 3. für die gelbgrünen Kugeln, auf deren Absorption des rothen Lichtes Herr *Wälchli* gegen meine Angaben über das Chlorophan wiederholt besonderes Gewicht legt, unter seinen sämmtlichen Beobachtungen nur einmal schwache Einschränkung des rothen Spectralendes und dies wunderbarer Weise grade in einem Falle,

---

[1]) l. c. Taf. XII. Fig. 2 *a* und *b*.

wo die Kugel, *Talma*'s Angaben entgegen, auch rein blaues Licht unverändert durchließ [1]). Wer andere gern im Widerspruche mit älteren einfach überholten Beobachtungen findet, sollte nicht von Bestätigung reden, wo er selber größtentheils in wirklichem Widerspruche mit seinem Vorgänger steht. Es ist dies Herrn *Wälchli*'s Fall, denn abgesehen von den Befunden an den orangefarbenen oder gelben Kugeln, die sich aus Verschiedenheiten der Concentration oder Dicke erklären werden, sind die von den rothen und gelbgrünen Kugeln mitgetheilten nicht mit denen *Talma*'s zu vereinigen.

Das Verhältniß der Chromophanspectra zu den *Talma*'schen Beobachtungen ist hiermit als erledigt zu betrachten. Wie stellen sich aber unsere Angaben zu denen *Wälchli*'s? Hier finden sich vielleicht Widersprüche, aber diese würden ausschließlich mit Differenzen zusammenfallen, in die Herr *Wälchli* mit sich selber gerieth. An den grünen Kugeln fand er die Verdunklung bei λ 0,49 μ und λ 0,505 μ beginnend und keine Einschränkung des rothen Endes, was mit dem Chlorophan noch stimmen würde, dessen erster Streif zwischen λ 0,46 μ und λ 0,48 μ fällt, während der 2. Streif bei λ 0,43 μ auftritt, wo Herr *Wälchli* in allen Fällen Verdunklung fand. In einem Falle verzeichnet Herr *Wälchli* aber den Beginn bei λ 0,47 μ und dazu Absorption im Roth von 0,68 – 0,70, was weder mit dem Chlorophan noch mit den übrigen Angaben *Wälchli*'s stimmt. Käme die so bestimmt behauptete Absorption im Roth nicht hinzu, so würden sich die Beobachtungen so gut untereinander, wie mit den meinigen vertragen und nichts ausdrücken, als die Erscheinungen verschieden concentrirter Farbstofflösungen, aber Verdunklung des Roth ausschließlich durch die dünnere Schicht des gleichen Pigments in gleichem Medium (eine Voraussetzung, die Herr *Wälchli*

---

[1]) l. c. Taf. XII. Fig. 3 *a*.

machen mußte, wenn seine Verwendung des Falles Sinn haben sollte) ist einfach unmöglich. Es liegt mir fern, trotz der Schwierigkeit, die ich mit andern Beobachtern bei Entscheidung über schwache Verdunklung im ersten Roth finde, Herrn *Wälchli* hier eines Irrthums zu zeihen, den man ja um so weniger annehmen darf, als er diesen Fall, auf den er sich immer wieder gegen mich beruft, gewiß mit ungewöhnlicher Sorgfalt beobachtet hat; ich muß aber darauf aufmerksam machen, daß Herr *Wälchli* von den grünen Kugeln ausschließlich dieses Minoritätsspectrum abbildete und es in einer Weise that, welche dem Beschauer falsche Vorstellungen von dem wirklich gesehenen erweckt. Ohne Ausnahme schickt Herr *Wälchli* seinen numerischen Angaben die der Länge des freien Spectrums von λ 0,70—0,40 μ voraus, während er es in den Abbildungen bei λ 0,75 μ beginnen läßt. Dagegen wäre nichts einzuwenden, besonders wenn man den Grund zufällig erfährt, daß Taf. XII l. c. ein Abdruck der lithographirten Scala ist, die Herr *Zeiss* in Jena seinen Instrumenten beigiebt, was Herr *Wälchli* übrigens hätte sagen können: er kommt aber damit in die Lage, die einzige Absorption im Roth doppelt so imposant darzustellen, als er sie wirklich bemerkte, indem er die nicht gesehene Anfangsregion allen übrigen Spectren weiß, dem der grünen Kugel schwarz zugiebt und überdies den Gang der Curve in das ungesehene Stück hinein verlängert. Schneidet man die ganze Tafel, um sie richtig zu machen, bei λ 0,70 ab, so kommt der wahre Sachverhalt zum Vorschein und dieser besteht in einer ganz schwachen, diffus begrenzten Absorption innerhalb der auf dieser Seite äußerst kurzen Strecke von 2 Wellenlängen in einer von vornherein lichtschwachen Region. Hat Herr *Wälchli* dennoch richtig beobachtet, so versteht man nicht, wie er dies mit seinen nicht abgebildeten Spectren andrer grünen Kugeln vereinbar fand und nicht selber darauf kam, die Färbung entweder von gemischten oder von

verschiedenen Pigmenten, wenn nicht von Dispersionsdifferenzen im ungefärbten Materiale der Zapfenkugeln abzuleiten: freilich wäre er dann um einen Gegensatz gegen mich ärmer geworden, ja er hätte den eigenen Frieden um den vollkommenen mit den Chromophanen erkaufen müssen; und den letzteren konnte er leicht haben, denn wie oft er auch zu dem „continuirlichen Spectrum“ als Argument zurückkehrt, das allein gegen die Chromophanstreifen übrig bliebe, er wird niemanden von deren Abwesenheit überzeugen können, so lange es ihm nicht gelingt, die Kugeln genügend zu verdünnen, und nicht entfernt die Aufhellungsweise der Spectra voraussagen können, nachdem er dieselben allein von concentrirteren Absorbenten kennen gelernt hatte. Oder werden etwa nur anormale Dispersion oder Streifen mit totaler Absorption aufweisende Spectra discontinuirlich genannt? Ich hätte nichts gegen den Gebrauch und muß deshalb erwähnen, daß wir den Namen für die Chromophanspectra, denen Herr *Wälchli* ihn unaufgefordert gab, niemals brauchten, sondern einfach deren Absorptionsstreifen objectiv beschrieben und abgebildet haben mit dem ausdrücklichen Zusatze, daß wir keine photometrische Bestimmungen vornahmen, also weder über totale noch über irgend welche Absorptionen, die nur auf diesem Wege zu ermitteln gewesen wären, etwas aussagen konnten und wollten.

Ist somit Herr *Wälchli* um sein Schlagwort gebracht, so bleibt ihm nichts übrig, als die Berufung auf seine Abplattungsversuche an den Zapfenkugeln und wer sich deren Resultate l. c. Fig. 1 *b* und 1 *c* ansieht, kann es nur für recht wahrscheinlich halten, daß die rothen Kugeln den breiten diffusen Absorptionsschatten, welchen wir vom Rhodophan erhielten, zum Vorschein gebracht hätten, wenn die Verdünnung nur weiter getrieben wäre. Darum hat sich Herr *Wälchli* nicht bemüht: er blieb bei jenen zwei Versuchen stehen und dehnte sie nicht einmal auf die orangefarbenen Kugeln aus, obwohl er das denkbar merkwürdigste

Resultat erzielt hatte, daß das erste Maximum der verdünnten Kugel grade an der Stelle auftrat, wo die dickere das erste Minimum zeigte, eine Erscheinung, welche ihn mindestens von der Unmöglichkeit, den Erfolg der Verdünnung vorauszusagen, unmittelbar hätte überzeugen müssen.

Wie Herr *Wälchli* mit Recht von mir sagt, räume ich der Mikrospectralanalyse zur Entscheidung der Präexistenzfrage bei den Chromophanen die erste Stelle ein und ich hätte dieselbe auch benutzt, wenn die mir erreichbaren Apparate besser gewesen wären, namentlich wenn ich das neuere Spectralocular von *Zeiss*, das Herr *Wälchli* benutzen durfte, früher hätte bekommen können. Herr *Wälchli* versichert jedoch, daß man alle seine Beobachtungen auch mit dem älteren *Browning*'schen Instrumente constatiren könne und behandelt meine Aussetzungen gegen den auch von ihm bemängelten Apparat als Auslassungen über „angeblich" ungeeignete Construction der käuflichen Instrumente. Ohne der Höflichkeit zu nahe zu treten, sehe ich ihn nur die bekannte Erfahrung bestätigen, daß man mit unvollkommenen Instrumenten schließlich auch erkennt, was man mit besseren erst gefunden hat und brauche ich ihn zum Belege nur auf die von ihm selber erst mit dem neuen Apparate gefundenen Thatsachen zu verweisen, welche von den *Talma*'schen Angaben abweichen. Im Uebrigen darf gesagt werden, daß ich mit den auf die mikrospectralanalystische Untersuchung gesetzten Hoffnungen keineswegs jede Arbeit, die sich derselben bedienen würde, als entscheidend anerkennen wollte und nur in dem Falle einem bündigen Resultate entgegensah, daß sich volle Uebereinstimmung mit den Chromophanspectren ergäbe, was, wie ich von vornherein andeutete, nicht durchweg zu erwarten war, da manche Zapfenkugeln ohne Zweifel Mischungen mehrerer Pigmente enthalten. Herr *Wälchli* gedenkt dieser meiner Aeußerung etwa wie eines inneren Widerspruchs, ohne seine Leser ahnen zu lassen, daß

zweierlei Farbstoffe in einer Zapfenkugel, wie bei mir zu lesen stand, längst von *Schwalbe* beschrieben wurden, und unter vollkommener Ignorirung meiner Erwähnung ersichtlicher Differenzen rother und purpurrother Pigmente in den Zapfen der Taube. Die Zeit wird kommen, da Herr *Wälchli* dies selber bedauern wird, denn sein Paradoxon des grünen Farbstoffs, der bald Roth absorbirt und wenig Blau, bald kein Roth und alles Blau kann der Annahme gemischter Pigmente schwerlich entbehren, um eine verständliche Thatsache zu werden.

Am Schlusse dieser Abhandlung werde ich die Kritik der *Wälchli*'schen Beobachtungen vollenden; hier mußte erst gezeigt werden, daß dieselben, auch wenn sie vollkommen richtig sein sollten, nichts enthalten, was gegen die Präexistenz der Chromophane zeugen würde. Herrn *Wälchli* konnte dies nur entgehen, weil er die Nachwirkungen jenes, in der Besorgniss um die *Talma*'schen Verdienste zu Ungunsten der Chromophanlehre einmal begangenen Lapsus zu tragen hatte und weil er sich außerdem auf das chemische Gebiet begab, auf dem er nicht arbeitete und beobachtete, sondern belehren wollte.

Als ich die Darstellung der einzelnen Chromophane aus der Retina unternahm, habe ich selbst zunächst Bedenken gegen die befolgte Methode gehabt und geäußert, aber nach dem erzielten Erfolge kaum erwartet, daß mir die eigene Vorsicht beinahe mit meinen Worten wieder vorgehalten würde, wie es durch Herrn *Wälchli* geschah, der fast so redet, als ob mir die Frage nach der Präexistenz chemischer Educte aus thierischen Geweben etwas neues sei. Indeß bin ich der Belehrung zugänglich und ich würde mir den ernsten Hinweis auf die Zersetzlichkeit des Hämoglobins durch Alkohol, Aetznatron u. s. w. jetzt noch gesagt sein lassen, wenn ich nicht wüßte, was Herrn *Wälchli*'s Erfahrung unmöglich scheint, daß es eine ganze Reihe von thie-

rischen Farbstoffen und grade von solchen der Fette giebt, die jene Behandlung ohne Aenderung der optischen und chemischen Eigenschaften, auch der Krystallform vertragen, also nicht zersetzt werden. Bekanntlich haben viele vor mir dies schon angenommen, denn kein Chemiker bezweifelte bisher die Identität der durch Verseifung z. B. aus dem Eigelb, den corpora lutea und aus einigen Pflanzen dargestellten Fettpigmente mit den genuinen: weder *Lieben* und *Piccolo*, noch *Holm* und *Städeler* fanden dazu Grund und meines Wissens ist ihnen der Einwand Zersetzungsproducte abgeschieden zu haben, niemals gemacht worden, obgleich das Fett der corpora lutea z. B. tagelang mit concentrirtester Kalilauge erhitzt worden war. Daß die Fettfarbstoffe der Vogelretina jenen Pigmenten verwandt seien, ging aus mehreren Reactionen der Zapfenkugeln hervor und es ist ein Mißverständniß von Herrn *Wälchli*, wenn er mir, dem zuerst die Freude wurde, diese Reactionen außerhalb der Retina an den Chromophanen wieder zu finden, vorhält, dieselben erwiesen deren Präexistenz nicht, da ich es grade gewesen war, der die zu ausschließlich darauf gestützte Meinung *Capranica*'s von der Identität sämmtlicher Fettfarbstoffe mit guten Gründen zurückgewiesen hatte. Herr *Wälchli*, der mir in diesem Punkte ausdrücklich beistimmt, würde also besser überlegt haben, was er oder andere entgegnet hätten, wenn die isolirten Chromophane nicht auf das Verhalten zu J, HNO_3 und H_2SO_4 geprüft worden wären, oder wenn die Prüfung Differenzen ergeben hätte. Statt dessen sucht Herr *Wälchli* uns seine Meinung durch Exemplificirung auf die bekannte, dem Leime und den Albuminen trotz chemischer Verschiedenheit gemeinsame Alkalikupferreaction klar zu machen: im Anschlusse an die Jodreaction mag das Beispiel durchgehen, aber für den Farbenwandel unter Einwirkung von HNO_3 und H_2SO_4, vermuthe ich, waren bessere zur Hand.

Wir gehen über zur thatsächlichen Widerlegung der chemischen Einwände, deren sich auch das Utrechter Verdict über die Chromophane nicht begeben wollte.

a. Die Fettfarbstoffe werden durch Sieden mit alkoholischer Natronlauge nicht verändert.

Zu unserer Belehrung und Uebung wurde mit den leicht zugänglichen Pigmenten des Eigelbs, der corpora lutea und des Palmöls (von Elaeis guineensis) begonnen. Ob Verseifung das beste Mittel zur Isolirung der Pigmente sei, ist augenblicklich irrelevant: ich war früher darauf angewiesen, weil ich kein andres kannte und komme darauf zurück, weil die vorliegenden Einwendungen wol hauptsächlich gegen diesen Theil der Methode erhoben worden sind.

Aus den Hühnereidottern und den gelben Körpern (der Kuh) wurde das gefärbte Fett nach Entwässerung in Alkohol mit Aether gewonnen, während das Palmöl direkt verseift werden konnte. Die Verseifung geschah stets in einer zur Lösung etwas mehr als ausreichenden Menge siedenden absoluten Alkohols unter Zusatz nicht zu großen Ueberschusses concentrirtester Natronlauge. Darauf wurde der Alkohol durch Sieden auf offenem Feuer schnell[1]) verjagt, durch kochendes Wasser ersetzt und NaCl zugefügt, bis sich die Seifen körnig ausschieden. Nach dem Erkalten wurden die Seifen mit großen Mengen NaCl-Lösung von 30 pCt. gewaschen und meist erst getrocknet mit Aether extrahirt. Die Aetherlösung mit viel H_2O, später mit concentrirter Salzlösung auszuschütteln,

[1]) Dieser Umstand ist wichtig zur Vermeidung brauner Producte, die zwar nicht aus den Pigmenten, sondern aus andern, namentlich im Eidotter und in Netzhäuten enthaltenen Stoffen entstehen und schwer zu entfernen sind. Das Sieden und Verjagen des Alkohols geschieht auf einem Flachbrenner, über den ein großer fast bis auf den Tisch reichender Hut aus Drahtnetz gestülpt wird, der die Entzündung der Dämpfe verhindert, wie die *Davy*'sche Sicherheitslampe.

erwies sich zur Gewinnung möglichst seifenarmer Pigmente vortheilhaft.

Zur Vergleichung dienten einerseits ätherische, alkoholische, auch mit Chloroform oder Schwefelkohlenstoff hergestellte Lösungen der Pigmente, welche die Verseifung überstanden hatten, andrerseits die fetthaltigen aus dem Rohmateriale direkt mit den gleichen Lösungsmitteln erhaltenen Extrakte; doch werden sich die folgenden Mittheilungen auf die Aether- und CS_2-Lösungen beschränken, welche die weitesten Differenzen der Dispersion und der davon abhängigen Stellung der Absorptionsstreifen vorführen. Die Bestimmung geschah, indem man für jeden einzelnen Streifen die Spaltweite und Schichtendicke, wobei derselbe am deutlichsten erschien, ausprobirte, fast ohne Ausnahme bei direktem Sonnen- oder bestem Tageslichte, niemals bei Lampenlicht. Zuerst wurde das Maximum der Verdunklung, dann Anfang und Ende und die Art der Zu- und Abnahme der Beschattung notirt. Selbstverständlich sollen die Abbildungen nichts über den absoluten Werth der Absorption aussagen. Das Ende des Spectrums ist überall da notirt, wo bei grade noch deutlichen Streifen kein Licht mehr wahrgenommen wurde, ein Punkt, der, wie kaum zu sagen nöthig, nicht immer die jeweilige vollkommene Verdunklung bezeichnet, da über totale Absorption nicht ohne sorgfältigste Abblendung des ganzen übrigen Spectrums und nur unter Beachtung der Zustände des Auges entschieden wird.

Fig. 1 *a b*, 2, 3 *a b* zeigen die Spectra der ätherischen Lösungen des Luteïns, Elaeochrins und Lecitochrins, in *a* vor, in *b* nach der Verseifung. Sie stellen eine Reihe dar, worin die Absorption namentlich des ersten Bandes, beim Luteïn am weitesten zur rothen Seite reicht, die des Lecitochrins am wenigsten und eine Differenz von *a* zu *b*, welche die Streifen durch die Verseifung etwas nach der violetten Seite verschoben zeigt. Beim Palmöl wurde dasselbe gefunden, aber zu unbedeutend um sich

gut abbilden zu lassen. Die Verschiebung erklärt sich aus der Beimengung von Fett und anderen Stoffen, welche die Dispersion des Mediums erhöhen, denn die Spectra 1 *b* und 3 *b* waren leicht in die von *a* und *b* umzuwandeln durch Zusatz mäßiger Mengen farbloser Fette. Die Absorption dieser 3 Fettpigmente wird also durch die Verseifung garnicht verändert.

In Fig. 4, 5, 6, der Absorption durch CS_2-Lösungen bilden die Farbstoffe abermals eine Reihe, in welcher die Luteïnstreifen wieder links den Anfang machen, während zugleich alle Bänder stark nach links verschoben sind. Hier bewirkt Zusatz von Fett, weil es die Dispersion vermindert, umgekehrt Zurückgehen der Streifen zur violetten Seite und wenn die CS_2-Lösungen vor und nach dem Verseifen Differenzen ergeben, so zeigen sich diese umgekehrt, wie bei Fig. 1, 3 *a* und *b*. Dazu bedarf es übrigens nicht zu kleiner Fettmengen, ein Umstand, der für die direkte Untersuchung in Fetten enthaltener Pigmente allgemein von Vortheil ist, da dieselben in hinreichendem Ueberschusse von CS_2 aufgenommen, sogleich nahezu diejenige Absorption zeigen, welche ihnen im reinsten Zustande eigen ist.

Dem nicht immer wahrzunehmenden dritten vor *G* auftretenden Streifen des Luteïns und Lecitochrins wurde beim Elaeochrin nicht begegnet.

b. Die Fettfarbstoffe werden durch Alkohol, Aether, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff nicht verändert.

Da Herrn *Wälchli*'s Beispiel lehrt, daß die von einigen thierischen Farbstoffen bekannte Zersetzlichkeit durch Alkohol u. dergl. ähnliche Veränderlichkeit von allen Thierstoffen, so weit sie farbig sind, voraussetzen ließ, blieb zu erweisen, daß unsere Pigmente sich beim Uebergange aus der natürlichen Ablagerung oder Auflösung in Fetten und verwandten Stoffen zu der in Alkohol oder Aether etc. so wenig verändern, wie während der an den begleitenden Fetten vorgenommenen Verseifung. Von

dem Elaeochrin, das freilich ein Pflanzenstoff ist, war dies ohne Umstände zu zeigen, indem man es mit so viel gebleichtem Knochen-, Mandel-, Oliven- oder Erdnußöl erwärmte, daß die Mischung bei Zimmertemperatur flüssig blieb und direkt im Hämoskop untersuchte. Fig. 7 ist das gefundene Spectrum: es zeigt die Streifen im Vergleiche zur ätherischen Lösung etwa um halb so viel zum Roth verschoben, als durch CS_2, entsprechend der mittleren Dispersion der Oele, wie sich unmittelbar aus der vollkommenen Uebereinstimmung dieses Spectrums mit dem einer Lösung des reinen, nach Verseifung krystallinisch erhaltenen Elaeochrins in einem der genannten Oele ergab.

Um die Pigmente des Eidotters und der corpora lutea in Oelen aufzulösen, ist es zweckmäßig das Material nach dem Verreiben mit Sand im Vacuum schnell zu trocknen, es 24 Stunden mit Oel gemengt zu lassen und abzufiltriren. Falls das Trocknen der genuinen Pigmente Anstoß erregt, bemerke ich, daß man ebenso brauchbare, obschon blassere Lösungen erzielt durch Zerreiben des frischen, feuchten Materials mit reichlichen Oelmengen und Filtriren durch gehörig gefettetes Papier. Wir haben auf diese Weise vom Luteïn und dem Lecitochrin die in Fig. 8 und 9 abgebildeten Spectra erhalten und zum Beweise, daß die nach Alkohol-Aetherbehandlung und mittelst Verseifung gewonnenen Pigmente mit den präexistenten identisch seien, nur die beiden isolirten Farbstoffe in reinen Oelen aufzulösen brauchen, um vollkommen congruente Sepectra zu erzielen. Es ist fast überflüssig zu sagen, daß es im Erfolge keinen Unterschied machte, wenn die gereinigten Körper zuvor einmal in CS_2, Benzol oder Chloroform aufgelöst waren.

c. Die Zapfenpigmente der Hühnerretina werden durch Alkohol und Aether nicht verändert.

Aufmerksamen Lesern der *Wälchli*'schen Arbeit wird nicht entgangen sein, daß der Verfasser sich gar nicht auf das in seinem

Sinne discontinuirliche Spectrum der alkoholischen, ätherischen und CS_2-Extracte der Vogelretina, in denen sämmtliche Farbstoffe aufgelöst sind, einläßt. Die 3 Hauptarten der Zapfenkugeln geben nach *Wälchli* continuirliche Spectra und ausdrücklich wird bemerkt, die rothen und orangen Kugeln könnten keine Mischungen des Rhodophans und Xanthophans enthalten, weil diese beide discontinuirliche Spectra gäben. Vollends kann nach Herrn *Wälchli* das Spectrum der alle 3 Pigmente vereinigenden Lösung nicht discontinuirlich sein, da ja auch das der gelbgrünen oder grünen Kugeln, die den dritten Farbstoff enthalten, von ihm continuirlich genannt wurde. Herr *Wälchli* muß also annehmen, daß die genuinen Farbstoffe schon durch die Behandlung der Retina mit Alkohol und Aether verändert werden und daß die Zersetzung, die er bei unserer Isolirungsweise der Cromophane annimmt, z. Th. vor der Verseifung Platz greife. Man versteht nicht, weshalb er dies nicht selber hervorhob, da er doch nicht ausschließlich meine, sondern erst recht die früheren Beobachtungen *Capranica*'s, der das Spectrum der gemischten Lösung zuerst beschrieb, zu beachten und seinen Lesern zu nennen hatte, als Resultate, die, mit ihm zu reden, den seinigen widersprachen.

Es ist leicht, sich von der Ungefährlichkeit der ersten Extractionsweise zu überzeugen, denn man kann die Hühnerretina besonders nach dem Trocknen ohne Alkohol oder Aether durch Zerreiben mit fetten Oelen so vollständig von den Zapfenpigmenten befreien, daß der Filterrückstand nach gehörigem Auslaugen mit Oel, an Alkohol, Aether u. dergl. keine Spur von Färbung mehr abgiebt. Zur Bereitung der Oellösung werden die aus den Augen soeben geschlachteter Hühner entnommenen Netzhäute, mit oder ohne Epithelbedeckung, wie man sie grade erhält, auf Glasplatten im Vacuum über H_2SO_4 schnell getrocknet, im Achatmörser mit Oel zerrieben und nach einigen Stunden filtrirt. Das völlig klar durchgehende Oel von prachtvoll rother bis oranger Farbe gab bei

größter Sättigung die Spectra Fig. 10, in dickster Schicht (100 mm) vielleicht etwas Absorption im Roth von *C* bis vor *A* reichend (die Linie *a* blieb jedoch deutlich erkennbar), dann Verdunklung bald hinter *D* beginnend, deren Maximum etwas vor $^1/_2$ *D—E* fiel. Beim Verdünnen der Schicht wurde allmählich ein dunkles, sich bis zu einer gewissen Grenze immer schärfer säumendes Band sichtbar, mit dem Maximum fast unmittelbar vor *F*, weiterhin ein zweites weniger deutliches schmäleres, etwa in der Mitte zwischen *F* und *G*, während sich das Spectrum bis nahe hinter *G* aufhellte. Vergleicht man hiermit die Spectra der alkoholischen oder ätherischen aus ebenso getrockneten oder feucht dem Auge entnommenen Netzhäuten hergestellten Lösung, so begegnet man nahezu denselben Bildern, mit dem einzigen Unterschiede, daß die gesammte Absorption erheblich weiter gegen das brechbarere Ende gerückt auftritt, am meisten bei der ätherischen Lösung, wenn sie verdünnt ist (vgl. Fig. 11 und 12). Alles dies ist wieder die Folge der veränderten Dispersion des Mediums, worin die Pigmente gelöst sind; nimmt man den Verdampfungsrückstand des Alkohols oder Aethers in Oel auf, so erhält man genau das Spectrum des direkten Oelauszuges der Retina wieder, d. h. die Absorption ist nach dem Roth hin um dieselbe Strecke verschoben.

Haben wir es hier zwar mit der Mischung von 3 Farbstoffen zu thun, so beweisen die Beobachtungen doch, daß sich in dieser Mischung durch Behandlung mit Alkohol und Aether nichts ändert, mindestens nicht, nachdem sie einmal durch indifferente Oele hergestellt worden ist; daß andrerseits das Verhalten dieser Mischungen ganz abhängig ist von den in der Retina präexistirenden und überwiegenden Pigmenten, geht aus dem Spectrum von Extracten hervor, die in gleicher Weise, wie aus der Netzhaut des Huhns, aus der Taubenretina zu gewinnen sind, wo die rothen Kugeln bekanntlich in verhältnißmäßig viel größerer Menge vor-

kommen. Fig. 13 zeigt den breiteren diffuseren Absorptionsstreifen bei *F*, mit dem hinter *F* gelegenen Maximum, der sogleich an das Rhodophan erinnert; auch hier ist die Aetherlösung (vgl. Fig. 14), wie zu erwarten, durch die Verschiebung der Absorption nach Rechts charakterisirt.

d. Die Zapfenpigmente werden durch Auflösen in fetten Oelen nicht verändert.

Um dem Einwande vorzubeugen, daß die zur Extraction gewählten Oele, welche schwerlich für identisch mit den Fetten und sonstigen ungefärbten Bestandtheilen der Zapfenkugeln zu erachten sind, schon Zersetzung oder wesentliche chemische Veränderungen der genuinen Pigmente bewirkten, habe ich versucht, die Pigmentmischung ohne alle Zusätze zu erzeugen und spectroskopisch zu prüfen. Mit der frischen Hühnerretina und der rothen Stelle der Taubennetzhaut wollte dies nicht gelingen, weder wenn man sie zwischen Spalt und Lichtquelle, oder zwischen Auge und Ocular, noch wenn man sie in ein objectives Spectrum brachte; die Pigmente sind dazu nicht homogen genug ausgebreitet, oder die Membran ist selbst zu wenig homogen. Dagegen gelang es einigermaßen mit auffallendem Lichte, durch Antrocknen frisch ausgebreiteter Netzhäute auf einer Gyps- oder Porzellanplatte. Wie intensiv und brillant die Farbe der im feuchten Zustande mikroskopisch sehr unansehnlichen Hühnerretina durch Eintrocknen wird, dürfte bekannt sein, und eine 4 Ctm. lange, 3 Ctm. breite Platte ganz davon überzogen, gestattete in der That unter günstigen Bedingungen einige wichtige Beobachtungen. Man kann ein kleines lichtstarkes objectives Spectrum darauf projiciren, oder die Platte reflectirend als Lichtquelle vor den Spalt bringen, sowohl direkt, wie mit Einschaltung einer Sammellinse, wozu ganz vortheilhaft ein Cylinder mit Wasser dient, während mit der Sonne durch den Heliostaten im Dunkelzimmer beleuchtet wird. Wo das Sonnenspectrum auf die Platte fällt, zeigen sich dessen Roth und

Gelb so gut wie unverändert, die übrigen Regionen verdunkelt, am stärksten im Gelbgrün und in der Gegend von *F*; doch kann man bei dieser Beobachtungsart starken Täuschungen unterliegen durch Unebenheiten der Oberfläche, welche an ganz anderen Stellen unter bestimmten Winkeln betrachtet, als dunkle Bänder erscheinen. Besser pflegt die Andeutung eines Streifens bei *F* und diffuse Beschattung von diesem Punkte bis *D* unter gleichzeitigem deutlichen Aufleuchten des Blau hinter dem Streifen auszufallen bei der anderen Methode, wo man das Bild im Fernrohre des Spectralapparates sieht.

Eine dritte Art die Farbstoffe, wenn nicht in den natürlichen Medien, so doch in solchen Stoffen zusammenzutreiben, die sämmtlich der Retina angehören, besteht in Zerreiben getrockneter Retinae mit wenig Wasser oder verdünntem Glycerin, oder darin, daß man mit neutralem Trypsin verdaute Netzhäute unter dem Deckglase quetscht. Die ursprünglichen Zapfenkugeln werden so fast vollständig zerstört und treten zu größeren Tropfen von ziemlich gleichmäßiger Orangefärbung zusammen, während sich ein Theil der Farbstoffe diffus durch die Gewebsreste verbreitet und diese durchweg hellorange färbt. Allen Farbstoff von Fetttropfen beträchtlicher Größe aufgenommen, findet man nach Behandlung der Präparate mit entfärbter Galle oder wenn man frische Netzhäute in Galle zergehen läßt und den schleimigen Brei nach dem Eintrocknen auf dem Objectträger unter gehörigem Zerrühren wieder in Wasser aufweicht. Letzteres Verfahren liefert besonders homogene, am wenigsten von Krystallen und Gewebsschollen durchsetzte Farbetropfen, jedes aber Objecte von hinreichender Größe um mit dem für kleinere Bilder sonst im Stiche lassenden *Browning*'schen Spectralapparate untersucht werden zu können. Je nach der Größe und Dicke geben die farbigen Tropfen und Schlieren gestreifte oder ungestreifte Spectra und oft gelang es durch Druck auf das Deckglas die ersteren unter dem Auge

entstehen zu lassen. Die dunkelsten Bilder zeigten Absorption in allen Farben, sehr deutlich im Roth, Orange und Gelb, anscheinend totale Absorption dann etwa in der Mitte zwischen D und E beginnend; doch schienen nur trübe, nicht hinlänglich homogene Tropfen oder Schollen dieses Spectrum zu geben. Die Mehrzahl zeigte im Roth nur höchst zweifelhafte Absorption, bei den dunkleren etwas hinter D beginnend, bei den helleren auf E fallend, von wo aus die Verdunklung allmählich zunahm um kurz vor F ein Maximum zu erreichen, hinter welchem wieder eine längere Strecke des Blau heller hervortrat. Nach mäßigem Drucke wurde zwischen b und F, letzterer Linie am nächsten, ein deutlicher Absorptionsstreifen sichtbar, zu welchem oft ein zweiter weniger scharfer im Blau, ungefähr in der Mitte zwischen F und G auftrat. Ich will auf diese mit mangelhaften Instrumenten angestellten Beobachtungen keinen allzugroßen Werth legen: eins stellen sie aber außer Zweifel, daß die Zapfenpigmente ohne Zusatz neuer Lösungsmittel zu einer Masse vereinigt werden können, deren Absorption die größte Aehnlichkeit besitzt mit der durch Auflösen der Pigmente in fetten Oelen erzielten. Giebt es eine Differenz, so liegt diese in einer Verschiebung des deutlicheren Streifens zur weniger brechbaren Seite.

e. Die Zapfenpräparate werden durch Sieden mit alkoholischer Natronlauge nicht verändert.

Nachdem uns das Vorstehende berechtigt hat die Farbstoffe der Zapfenkugeln für unveränderlich durch Auflösen in Oelen, Alkohol und Aether zu erklären, bleibt nachzuweisen, daß sie auch während einer Verseifung nicht zersetzt werden. Zu dem Ende ist nur die nach gründlichem Sieden gebildete alkoholische Seifenlösung mit so viel Alkohol aufzufüllen, daß sie nach dem Abkühlen noch einige Zeit klar und flüssig bleibt. Oder man versetzt die etwas abgedampfte Lösung mit Aether und fügt zur Wiederauflösung der sich gewöhnlich ausscheidenden, von Rhodo-

phan gefärbten Seifen Chloroform hinzu. Je nach dem Lösungsmittel und der Concentration, wobei auch die Seifen und andere aus der Retina mit den Pigmenten aufgenommenen Stoffe in Rechnung zu ziehen sind, erzielt man Spectra, welche z. B. mit denen direkter alkoholischer, mit Chloroform versetzter Retinaextrakte nahezu congruent sind, wie Fig. 15 und 16 es zeigen; und wenn man die gesammte durch Abdampfen zu gewinnende Seife in Oel löst, so erhält man fast genau das Spectrum der aus getrockneten Netzhäuten mit Oel bereiteten Extrakte, charakterisirt durch dieselben, nur um ein geringes weniger zum Roth verschobene Streifen (vgl. Fig. 10 und 17). Da die Auflösung der Seifen in Oelen wegen des langsamen Filtrirens umständlich war und es einfacher schien, sie in Lösung unter reichlicherem Zusatz von Chloroform mit dem Oel zu mischen, worauf die flüchtigen Antheile der Mischung einfach durch Abdampfen zu entfernen blieben, fand ich zufällig, daß die Oele den letzteren sämmtliche Pigmente durch bloßes Schütteln vollständig entziehen, so daß man sie im Scheidetrichter von einer gänzlich entfärbten Flüssigkeit zu trennen vermag. Das gefärbte Oel brauchte nur kurz auf dem Wasserbade erwärmt zu werden, bis der Geruch nach den ursprünglichen Lösungsmitteln verschwunden war.

Daß die letztgenannten Spectra untereinander vollkommen identisch seien, wird man wegen den Verschiedenheiten der Lösungsmittel nicht erwarten; es ist aber eine Kleinigkeit die Congruenz herzustellen, indem man die direkt aus der Retina erhaltenen ätherischen Extrakte mit Alkohol und Chloroform vermischt, wie die nach dem Verseifen erhaltenen Lösungen es unvermeidlich sind. Dagegen wollte es nicht glücken, die Lösung der Seifen in Oel dem direkten Oelextrakte der Netzhaut vollkommen gleich zu machen; die kleine Differenz beruht vermuthlich auf der Anwesenheit von stark dispergirenden farblosen Bestandtheilen der Retina, welche durch Alkalien zersetzt werden.

f. Die Zapfenpigmente werden durch keine der bisher angewendeten Isolirungsmethoden zersetzt.

Wissen wir jetzt, daß weder Alkohol und Aether, noch Sieden mit alkoholischer Natronlauge die Farbstoffe zersetzen und scheinen die gegen uns erhobenen Einwendungen damit widerlegt, so muß doch gerechter Weise hervorgehoben werden, daß Herr *Wälchli* unter den Gründen gegen die Präexistenz der Chromophane keine ausdrückliche Wahl getroffen hat, sondern das ganze Verfahren oder sämmtliche zur Isolirung verwendeten Mittel, als ebenso viele Gegengründe oder uns zur Last zu legende Fehler aufzählte. Ein so umsichtiger Autor wird beanspruchen, daß man ihn nicht für widerlegt halte, nachdem sich eine oder zwei seiner Einwendungen als unberechtigt erwiesen, sondern verlangen, daß man mit ihm Punkt für Punkt weitergehe. Es soll hier, soweit es die Rücksicht auf den Leser gestattet, geschehen.

Aus den die Chromophane einschließenden Seifen hatten wir das Chlorophan durch Petroläther, das Xanthophan durch Aether, das Rhodophan durch Benzol oder Terpentinöl isolirt, nach der ersten unvollkommenen Trennung auch CS_2 zur Entfernung des dritten Körpers aus den beiden andern verwendet. Indem ich dieses Verfahren zugleich als gute Gelegenheit, mir unsere älteren Resultate auf's Neue vor Augen zu führen, wiederholte, hatte ich das Vergnügen Früheres zu controliren und zu bestätigen und das Gewicht unserer neueren Beobachtungen in der Präexistenzfrage besonders klar zu stellen. Ich habe die Untersuchung in der früher aus Materialgeiz nicht vollkommen durchgeführten Weise beendet, daß ich die aus einer Darstellung gewonnene ganze Menge der Einzelfarbstoffe wieder zu einer Lösung vereinigte und aus deren Verhalten rückwärts die Identität unserer Educte mit den Componenten des ursprünglichen Materials, woraus jene abgeschieden waren, erwies. Hierzu war nur eine das Rhodophan betreffende Schwierigkeit zu überwinden,

da dasselbe von Benzol zu schwer gelöst wurde. Ich nahm den einmal mit Benzol extrahirten noch rosenroth gefärbten Seifenrest in einer heißen Mischung von Alkohol und Chloroform vollkommen auf und vereinigte dieselbe mit dem Verdunstungsrückstande der Benzollösung, ferner mit den Abdampfresten des Petroläthers und des Aethers, die das ganze Chlorophan und Xanthophan enthielten, nachdem beide in einer kleinen Menge Chloroform wieder aufgelöst waren. So hatte ich wieder eine mit den Seifen vermischte Lösung der 3 Chromophane, welche die Farbstoffe im gleichen Verhältnisse enthielt, wie die Retina, von welchen ich ausgegangen war. Die Flüssigkeit gab genau dasselbe Spectrum, wie die erste aus den Netzhäuten bereitete alkoholische, die ich für diesen Vergleich zuvor mit Chloroform gemischt und geprüft hatte, ein Spectrum, das natürlich auch mit dem der zweiten gleich nach dem Verseifen erhaltenen und vor Abscheidung der Einzelfarbstoffe ebenfalls untersuchten Gesammtlösung übereinstimmte. Endlich brauchte ich die künstliche Mischung nur mit Oel gründlich auszuschütteln um alles Färbende wieder in Fetten gelöst zu gewinnen und im wesentlichen das Spectrum zu erhalten, das direkte Oelextrakte getrockneter Retinae liefern, ausgezeichnet durch die mehrerwähnte Verschiebung der Streifen nach links.

Ich denke, man wird diesem experimentellen Vorgehen mehr Sicherheit beimessen, als Herrn *Wälchli*'s noch so sicher vorgebrachten Behauptungen und Einwendungen, die ohne Ausnahme als unzutreffend zurückgewiesen werden konnten.

2. Widerlegung der Lehre von der Identität der Fettpigmente.

In seiner „physiologischen Chemie" sagt *F. Hoppe-Seyler* (S. 697) von den Chromophanen: „da ihre Spectralabsorptionen nicht einmal scharf unterschieden sind, ist auch ihre Farbe kein

scharfes Unterscheidungsmerkmal", während er Herrn *Capranica* zugesteht, Uebereinstimmung der Zapfenfarbstoffe mit dem Luteïn des Eidotters gegen Licht und Reagentien gefunden zu haben. Beides ist gänzlich ungerechtfertigt, denn 1. ist, wie jedermann aus unserer früheren und jetzigen Beschreibung sieht, das Chlorophan von zwei andern Chromophanen scharf unterschieden durch den Besitz von zwei Absorptionsstreifen statt eines, das Xanthophan scharf unterschieden durch einen schmalen scharf begrenzten und anders gelegenen Streifen von dem Rhodophan, das einen wenigstens 3mal breiteren diffus begrenzten Schatten giebt; und 2. wurde von uns gegen *Capranica* gezeigt, daß die Absorption (doch wol ein Verhalten gegen Licht?) der gemischten Chromophane eine total andere ist, als die des Luteïns und des Eigelbs und daß Behandlungen (bei denen doch wol das Verhalten gegen Reagentien in Frage kommt), welche aus diesem Materiale nur je ein farbiges Product zum Vorschein bringen, aus der Vogelretina mindestens drei zu trennen gestatten.

Man sieht, die Chromophane hatten das Schicksal von den Einen für zu scharf unterschieden, von den Andern für nicht unterscheidbar gehalten zu werden; vielleicht werden sich ihre Gegner mit Hülfe des nicht ungewöhnlichen Mittels, das Object einmal anzusehen, vertragen lernen!

Indem ich mich weiterer Beurtheilung des ungetreuen Berichtens und dreisten Absprechens, das sich Herr *Hoppe-Seyler* hier, wie so oft unter allgemeiner Mißbilligung gestattete, enthalte, erwächst mir die Verpflichtung auf die Arbeit *Capranica*'s die ich früher in bester Absicht kritisch so wenig wie möglich berücksichtigte, jetzt gründlicher Prüfung zu unterziehen. Daß jemand mit gesunden Sinnen nur auf den Gedanken verfalle, einen Farbstoff als Ursache derart verschiedener Absorptionsfarben anzusehen, wie sie die Zapfenkugeln darbieten, müßte für ganz unmöglich gehalten werden, wenn uns nicht der vorliegende Fall

ein neues Beispiel jener gelehrten Befangenheit gegeben hätte, deren Verbreitung durch die Geschichte der Farbstoffe belegt wird. Soll etwa die 20jährige Geschichte der Irrthümer über das Muskelhämoglobin, die man sich nach dem ersten glücklichen Griffe durch Herrn *Kölliker's* common sens so leicht hätte ersparen können, wiederholt werden? oder die des Blutfarbstoffs, an Stelle dessen der Wissenschaft ein halbes Jahrhundert Derivate geboten wurden, denen ein Kind ansehen konnte, daß sie zu Blut gemischt Schmutz geben würden, aber keine Steigerung der Blutfarbe? Es wäre nöthig, wenn man sieht, welche Aufmunterung Herrn *Capranica* zu Theil ward, von dem es doch fraglich bleibt, ob er den Rückzug antreten werde, welchen ihm eine neuere Behauptung, das Luteïn habe sich als ein Gemenge erwiesen, wohlwollend eröffnete.

Herr *Capranica* hatte die Einheit der Zapfenfarbstoffe schon vor seiner Untersuchung errathen, geleitet von der Phantasie, im Sehpurpur „verfeinertes Luteïn[1])“ zu erblicken: ein feinerer

[1]) Wiederholt habe ich den Sehpurpur auf etwaige Beziehungen und Aehnlichkeiten mit den Fettpigmenten untersucht, ohne thatsächliche Anhaltspunkte dafür finden zu können. Neuerdings in größerer Menge isolirte und getrocknete Froschretinae gaben mit Oel zerrieben nach tagelangem Stehen völlig farblose Filtrate, während der Purpur aus dem Filterrückstande nach gründlichem Auswaschen mit reinem Aether durch Galle extrahirbar blieb. Nach der Aetherextraktion stellten die Retinae ein graurosafarbenes lockeres Pulver dar, welchem Galle den Purpur nicht schlechter entzog, als frischen Membranen. Das Verfahren hat den Vortheil erheblich reinere, stets klare und weniger zur Fäulniß neigende Purpurlösungen zu liefern, als das gewöhnliche. Es erfordert reinen Aether (spec. Gew. 0,720), den ich zuverlässig nur aus der *Kahlbaum'*schen Fabrik in Berlin fand. Trockene Retinae in diesem Aether aufbewahrt, sieht man nach Wochen im Purpurgehalte nicht verändert, feuchte mindestens 8 Tage kenntlich gefärbt bleiben. Es stimmt dies mit meinen ersten Angaben über die Wirkung des Aethers überein, nicht mit meinen späteren (Handbuch der Physiol. herausg. von *Hermann* S. 283), die jedoch für die meisten als rein verkauften Aethersorten gültig bleiben.

Molecularzustand sollte die „sostanza antichissima“ des Eies zu allem wandeln, dessen das Auge bedarf; warum also sollte Herr *Capranica* nicht die Eierfarbe in „eine schöne sehrothe“ wandeln und die Spectra der Auszüge von Dottern in die von Extrakten aus Hühneraugen? Wir werden sehen wie er es anfing!

Um sich mit Herrn *Talma*'s wohl empfohlenen Angaben in Einklang zu setzen, berichtet Herr *Capranica*, ein bei 26° C. bereitetes und warm erhaltenes Extrakt von 20 Hühnernetzhäuten in 20 CC. Alkohol gelöst und auf die Hälfte concentrirt, absorbire in Schichten von 50 mm alles Licht vom violetten Ende bis *D*. Ich habe 25—30 ganze Netzhäute größter Hühner in derselben Weise vollkommen extrahirt und von einer ebenso dicken Schicht die grade merkbare Absorption kaum $^2/_3$ der Strecke von *E* bis *D* erreichen sehen, während das Maximum in das erste $^1/_4$ vor *E* fiel. Factisch sind also diese Lösungen noch zu verdünnt, um die erwünschte Uebereinstimmung mit *Talma*'s Angaben zu erzielen oder um mit dem ersten Maximum der rothen Kugeln wetteifern zu können.

Nun kommen die gestreiften Spectra: Herr *Capranica* bildet sie ab. Ich mußte mir erlauben sie zu copiren um meine Befunde[1]) in punktirten Linien daraufzusetzen (vgl. Fig. 18 *a—f*) und ich bitte zur Controle dessen, was *Copie* ist, Herrn *Capranica*'s Original (Taf. VII l. c.) daneben zu halten. Zur Orientirung empfiehlt es sich eine Senkrechte bei 16 der Scala l. c. zu ziehen, welche auf 17,7 der meinigen fällt. Ohne dem Urtheile Anderer über die Richtigkeit unserer Curven vorgreifen zu wollen, habe ich doch darüber zu reden, daß Herr *Capranica*,

Gegen eine Aehnlichkeit des Sehpurpurs bezüglich der Löslichkeit mit den Fettpigmenten und Chromophanen spricht auch seine Unlöslichkeit, selbst in Gegenwart von Fetten, in Benzol und Petroläther, während die Farbe erhalten bleibt.

[1]) An Lösungen, welche genau nach Herrn *Capranica*'s Vorschriften hergestellt waren.

der erst ganz richtig nach *Lieben* und *Piccolo* erzählt, das Luteïn nehme in CS_2 eine röthere Farbe an und der die jedesmalige beträchtliche Verschiebung der Streifen zum Roth in diesen Lösungen auffand, zum Beweise der Identität (des Luteïns, Lecitochrins, Lipochrins und der Chromophanmischung) gleiche Spectra des Farbstoffs der corpora lutea und des Dotterpigments abbildet (Fig. 18 *e* und *f*), von denen das erstere laut eigener Angabe mit der CS_2-Lösung, das andere mit der alkoholischen erzeugt war. Wären nicht beide falsch, so hätte Herr *Capranica* gar keinen besseren Beweis für die Verschiedenheit des Luteïns und Lecitrochrins bringen können, als mit dieser Congruenz. Ebenso macht es der Autor mit den Chromophanen und dem gelben Pigmente der Oelkugeln aus dem Retinaepithel des Frosches (Fig. 18 b^1 und *c*), wo zwar die Streifen im Blau um ihre halbe Breite gegeneinander verschoben, die im Grün dagegen vollkommen congruent sind; und doch waren die Chromophane in CS_2, das Froschpräparat in Alkohol gelöst. Nicht besser hätte Herr *Capranica* das Gegentheil belegen können zu seiner Behauptung, daß 3 Chromophane mit dem einen Lipochrin identisch seien. Aber auch hier sind noch zu seinem Vortheile beide Bilder falsch. So bleibt auf der Tafel nur ein Paar bestehen, das dem eigenen Autor keine Opposition machte und wo ich mich zu meiner Freude theilweise wenigstens in Uebereinstimmung mit ihm befinde, wie aus Fig. 18 *c* und *d* hervorgeht. Herr *Capranica* hat hier, was er überall hätte thun sollen, wirklich Farbstoffe verschiedenen Herkommens in gleichen Lösungsmitteln verglichen und das richtige getroffen, indem er die große Aehnlichkeit des Lipochrins mit dem Luteïn erkannte. Wo außerdem für seine Zeichnungen gleiche Lösungsmittel angegeben sind (Fig. 18 *a*, *c*, *f* und *b*, *e*) findet man dagegen beachtenswerthe Differenzen im

[1]) Nach der punktirten Curve von Fig. 18 *b* ist auch unsere ältere Fig. 15 Taf. 5 Bd. I dieser Unters. zu berichtigen.

Widerspruche zur behaupteten Identität. Endlich sind alle Abbildungen mit dem Fehler behaftet, Absorption im Roth darzustellen, die nicht vorhanden war, augenscheinlich zur Uebereinstimmung mit *Talma*'s in diesem Punkte nicht einmal bestimmten Aeußerungen. Da ich diese Absorption schon in den concentrirten Chromophanlösungen mindestens zweifelhaft finde, kann ich nicht zugeben, daß wirklich Gesehenes von Herrn *Capranica* abgebildet wurde, als er den fraglichen Schatten überall beibehielt, wo nicht nur die Concentration 4 mal geringer, sondern auch die durchstrahlte Schicht mindestens 5 mal dünner war.

Den optischen Differenzen gegenüber deutet die Uebereinstimmung der Fettpigmente in einigen chemischen Reactionen offenbar Verwandtschaft unter denselben an, die etwa nach Art einer homologen Reihe aufzufassen wäre. Die Dinge liegen hier umgekehrt, wie bei den Hämoglobinen z. B., wo uns die optische Analyse gegenüber der chemischen und krystallographischen im Stiche läßt und constante Absorption bei starken sonstigen Differenzen (auch der Löslichkeit) zeigt, was sich vermuthlich daraus erklärt, daß alle Hämoglobine als einziges gefärbtes Derivat das stets gleiche eisenhaltige Hämatin liefern, wonach sie sämmtlich als Verbindungen desselben Farbstoffes, und zwar des *Stoke*'schen reducirten Hämatins aufzufassen wären. Ein solches Beispiel, den thierischen Pigmenten entnommen, das außerdem trotz verschiedener chemischer Zusammensetzung Uebereinstimmung in zahlreichen chemischen Reactionen gewährt, meine ich, kann uns lehren, letztere nicht zu überschätzen und namentlich in den Fällen nicht, wo das feinste Mittel, das wir wahrscheinlich überhaupt zur Erkenntniß alles Körperlichen besitzen, das Licht, auffällige und wie es scheint graduelle, abgestufte Differenzen enthüllt.

Von Herrn *Maly*[1]) wurden kürzlich 2 Pigmente, ein rothes

[1]) Wiener Ac. Stzber. 12. Mai 1881.

und ein gelbes aus den Eiern von Maya Squinado getrennt und etwa in demselben noch mit andern Stoffen gemengten, amorphen Zustande erhalten, wie bis jetzt die meisten Fettfarbstoffe und Chromophane. Bedenkt man, in wie viel Millionen mal größeren Mengen die *Maly*'schen Farbstoffe zugänglich sind, als die aus Netzhäuten zu gewinnenden Kleinigkeiten, so ist dies für die Optochemie zwar wenig ermuthigend, jedoch kein Grund die auf die Chromophane gewendeten, nicht viel weniger erfolgreich gewesenen Bemühungen zu unterschätzen, um so weniger, als diese den Weg angezeigt hatten, das Vitellorubin vom Vitelloluteïn zu trennen, wie sie es gewesen sind, welche dem gesunden menschlichen Farbensinne wieder trauen lehren mußten. Ich kann es auch nicht für gerechtfertigt halten, die Sache nach diesen Befunden nun so zu wenden, als ob man unter dem, was bis jetzt Luteïn (*Holm* und *Städeler*) Hämoluteïn (Lieben und Piccolo) genannt wurde, im Einzelfalle mehr als einen Farbstoff verstanden habe, denn daß jene schönen orangefarbenen Krystalle aus den Corpora lutea das Vitellorubin nicht enthalten, lehren der Augenschein und das Spectrum, während der als charakteristisch für das Vitellorubin beschriebene diffuse Absorptionsschatten dasselbe dem Rhodophan ebenso nahe stellt, wie die für beide ziemlich gleich anschlagenden Isolationsmethoden es thun. Man kann sich nur wundern, daß Herr *Maly* dies nicht bemerkte. Ausgeschlossen ist natürlich nicht, daß noch in manchen Dottern neben dem Lecitochrin ähnliche Farbstoffe entdeckt werden und daß die zahlreichen gelben Farbstoffe thierischen und pflanzlichen Ursprunges, auf deren Aehnlichkeit mit dem Luteïn *Thudichum* zuerst aufmerksam machte, unter sich noch verschieden seien. Nur Herrn *Capranica* wird die behauptete Gemischtheit des Luteïns nicht als beneficium inventarii anzubieten sein, da er es war, der auf die Gleichheit von drei ganz verschiedenen Dingen drang, nachdem er sie selber erst vermengt hatte, und der uns zu-

muthete, drei unter sich an der Farbe unterscheidbare, von der Natur in der Retina z. Th. auf's sauberste getrennte Körper für einen schon bekannten, in der Farbe homogenen anzunehmen.

Augenscheinlich eröffnet Herrn *Maly*'s Mittheilung, daß das Vitellorubin und der gelbe Farbstoff aus den Eiern von Maja keinen Stickstoff enthalten, den Fettfarbstoffen neue Aussichten und da man darüber auch an einem Materiale entscheiden konnte, für dessen chemische Reinheit es sonst keine Garantie gab, falls nur nichts N-haltiges unter den Verunreinigungen vorkam, so habe ich nicht gesäumt, die Chromophane in dieser Beziehung zu prüfen. Was ich an Präparaten noch besaß, erwies sich freilich bei der *Dessaigne*'schen Probe sehr deutlich N-haltig. Ich führe es an, um zu zeigen, daß die Probe für die natürlich kleinen Quantitäten ausreichte. N-frei erhält man die Chromophane sowohl gemischt, wie ohne Schwierigkeit einzeln durch einige noch zu erwähnende Veränderungen der Darstellung, die im wesentlichen auf eine Reinigung der Fettpigmentmischung vor dem Verseifen und auf eine Extraktion des Seifenleims ohne Verlust an Farbstoffen durch Petroläther hinauskamen. Mit fast dem ganzen Material aus 100 Augen, das allerdings noch Seifen enthielt, vermochte ich bei der Probe keine grünliche oder blaue Färbung zu erkennen und wenn man einen Theil der Masse mit Natronkalk erhitzte, so entstanden keine deutlichere Lackmusbläuung oder Nebel mit HCl, als das beste käufliche Präparat beim Erhitzen für sich zu erzeugen pflegt. Es genügt dies zum Beweise, daß sich unter sämmtlichen Chromophanen kein N-haltiges findet. Den gleichen Nachweis vermochte ich an den drei einzelnen, jedenfalls weniger mit Seifen vermengten, also substanzreicheren Farbstoffen zu führen, die aus einer weit größeren Anzahl Augen gewonnen waren. Außerdem habe ich das Luteïn (aus dem corp. lut.) und das Lecitochrin (des Hühnerdotters) geprüft, beide in ähnlicher Weise gereinigt, wie die Zapfenpigmente

und z. Th. krystallinisch gewonnen. Der am schwersten zu reinigende Dotterfarbstoff erwies sich noch sehr deutlich N-haltig, weniger das Luteïn, wo die Reaction so schwach ausfiel, daß man es mit großer Wahrscheinlichkeit für N-frei halten darf. Das Elaeochrin war sehr leicht ganz von Seifen getrennt und N-frei zu gewinnen.

Indem sich von einer ganzen Reihe, die Fette und ähnliche Mischungen im natürlichen Zustande färbender Stoffe herausstellt, da sie N-freie Verbindungen sind, gewinnt namentlich das oft und genau untersuchte, augenscheinlich in die Reihe unserer Pigmente gehörige Carotin aus den Wurzeln von Daucus Carota Interesse. Dasselbe ist von *Wackenroder*[1]), *Zeise*[2]) und *Husemann*[3]) untersucht und hat die Zusammensetzung $C_{18}H_{24}O$. Es zeigt unmittelbare Beziehung zum Hydrocarotin $C_{18}H_{30}O$, das dem Cholesterin nahe steht, und mit diesem schon verwechselt wurde, also auch zu einem Körper, dessen Verbreitung im Thierleibe, im Nervenmarke und im Sehepithel, sowie in natürlichen Fetten aller Art Beziehungen zu den Fettfarbstoffen ahnen läßt, während es zugleich nach Farbe, Lichtempfindlichkeit, Krystallform, Dichroïsmus, Löslichkeit und sämmtlichen chemischen Reactionen von dem Luteïn kaum unterschieden würde, für Herrn *Capranica* sicher damit identisch wäre. Die grünbläuliche Färbung mit HNO_3 und die tief blaue mit H_2SO_4 wurde am Carotin schon von *Husemann* beobachtet und ich sehe, daß es auch mit Jod-Jodkalium blaugrün wird. Größere reine Krystalle zeigen die Reaction freilich kaum, höchstens wo die Jodlösung darauf eingetrocknet und in feine Risse eingedrungen ist; scheidet sich das Carotin dagegen in sehr kleinen kupferfarbenen Krystallen oder in feinen gelben Kügelchen aus, so wird es durch Jod augenblicklich tief blaugrün.

---

1) Vgl. *A.* u. *Th. Husemann*, Die Pflanzenstoffe. S. 821.
2) Journ. f. pract. Chemie. XL. S. 297.
3) Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVII. S. 200.

Endlich erzeugen alle Carotinlösungen 2 Absorptionsstreifen im Grün und im Blau, die wie überall, um so weiter von der brechbareren Seite abrücken, je größer die Dispersion des Lösungsmittels ist, am weitesten mittelst der CS_2-Lösung. Fig. 19 stellt die Spectra der Auflösungen in Aether, Oel und CS_2 dar mit der gleichen Reihenfolge fortschreitender Verschiebung der Streifen zum Roth und man ersieht daraus, daß sämmtliche Bänder sich weiter vom Violett entfernen, als die aller andern Fettpigmente.

Die auch von *Husemann* mit einigen Verbesserungen befolgte Darstellung des Carotins nach *Zeise* ist etwas umständlich und kann, wo kleinere Quantitäten genügen, vereinfacht werden, indem man die zerriebenen Rüben mit starkem Alkohol versetzt, nach 24 St. abpreßt, mit Aether übergießt und diesen langsamer Verdunstung überläßt. Das Carotin scheidet sich dann in makroskopischen Krystallaggregaten ab, deren Individuen unter dem Mikroskope wie in's Riesige übersetzte Luteïnkrystalle aussehen. Es sind rhombische Wetzsteinformen, auch an dünneren Stellen röther, als das Luteïn. Auf dem Filter gesammelt, mit kaltem Alkohol gewaschen, wiederholt in wenig CS_2 gelöst, mit Alkohol daraus abgeschieden und gewaschen erhält man sie leicht so rein, daß Alkohol kaum mehr davon gefärbt wird. Die Lösungen in CS_2 oder Benzol hinterlassen nach allmählichem Verdunsten ausschließlich krystallinische Rückstände, während man vor vollkommener Reinigung gelbe, in Alkohol leichter lösliche Tröpfchen beigemengt findet. Es mag sein, daß diese amorphen Reste, wie *Husemann* will, einen andern gelben Farbstoff enthalten, sicher kann man aber auch aus den reinsten Carotinkrystallen durch rasches Verdunsten eines Tropfens concentrirter Lösung auf dem Objectträger ähnliche gelbe Kugeln bekommen, die nach abermaliger Auflösung und langsamer Verdunstung nur Krystalle geben, und alles Carotin wird in gelben Tröpfchen erhalten, wenn der reinen Lösung etwas Oel hinzugefügt wird. Ich lege Werth darauf, weil das Carotin in dieser

Gestalt am leichtesten blaugrün wird durch Jod. Die angetrockneten Tröpfchen sind im durchfallenden Lichte rein gelb, im auffallenden grünlich gelb.

Nach *Husemann* wären die älteren Angaben über die Krystallform des Carotins irrig: er fand sie nicht rhombisch sondern cubisch und erhielt mehrere Millimeter messende Würfel. Ich habe den Körper zwar auch in makroskopischen Krystallindividuen, obschon nicht in so großen erhalten, aber nur rhombische Formen beobachtet. Die Krystalle zeigten aus den verschiedensten Medien abgeschieden, auch aus Benzol, das *Husemann* vorschreibt, keine wesentlichen Unterschiede und sämmtlich so ausgeprägte Doppelbrechung und Pleochromasie, daß ihnen kaum ein Körper darin gleichzustellen ist. Im reinen Zustande hat das Carotin keine Neigung krumme Kanten oder Wetzsteinformen anzunehmen, sondern es bildet flache, schmale, scharf ausgeprägte, lange rhombische Tafeln, die zuweilen so dünn sind, daß sie wie Bänder umknicken, sich falten und einrollen und garnicht als Krystalle zu erkennen wären, wo man die Enden mit den scharfen und constanten Winkeln nicht sähe, oder wenn man nicht auch an den allerdünnsten das Aufleuchten zwischen gekreuzten Nicols überaus prächtig wahrnähme, sowie den starken Wechsel der Farbe über dem Polarisator, wo dieser allein verwendet und gedreht wird. Die beiden Farben sind je nach der Dicke: grünlichgelb bis hellgelb und bronze- oder kupferroth, letztere an den dünnsten Individuen noch sehr gesättigt, die erstere im gleichen Falle aber so blaß, daß ein großer Theil entsprechend orientirter Krystalle vollkommen aus dem mikroskopischen Sehfelde verschwindet. Es ist ein merkwürdiger Anblick, beim Drehen des Nicols im hellen Sehfelde allmählich große kupferrothe Krystalle auftauchen zu sehen, deren Anwesenheit man nicht ahnte, während andere gleichzeitig spurlos verschwinden. Außer diesen Formen treten kürzere, gedrungene mit grad abgestumpften Kanten, seltener

lange Prismen auf, je nach der Orientirung bronzebraun oder grünlichgelb. In Alkohol suspendirt reflectirten die vorwiegend flachen und dünnen Krystalle, nicht grünlich, wie *Husemann* es von den dickeren Formen beschrieb, sondern gelblich oder fast weiß, mit erstaunlichem Glanze. Dagegen zeigt das trockene, dem Zinnober sehr ähnliche Krystallpulver grüne Reflexe und nimmt gerieben grünen Metallglanz an. Mit HNO_3, die salpetrige Säure enthält, werden die Krystalle, wie bekannt, erst grünblau, dann gelb und farblos, mit concentrirter H_2SO_4 tiefblau. Diese allen Fettpigmenten (auch dem Crocin, nicht dem Curcumin) nebst der Jodfärbung eigenthümlichen Reactionen sind überall am besten in der Chloroformlösung anzustellen, wo sie allmählicher auftreten und länger halten. Bei der H_2SO_4 Probe darf jedoch kein Cholesterin zugegen sein, das unter gleichen Umständen, wie *Salkowski* bemerkte, gelbe, rothe und purpurne Lösung giebt; bei überwiegendem Pigmentgehalte erkennt man indeß das Blau heraus, z. B. vom Lecitochrin und Chlorophan, die ich bis jetzt nicht frei von Cholesterin erhielt.

Ueber die Zersetzlichkeit des Carotins giebt es seit lange zuverlässige und untereinander verträglichere Angaben, als man glaubte. Sowohl *Wackenroder* wie *Husemann* waren im Rechte, ersterer, indem er die schnelle Zersetzlichkeit in Fetten, letzterer, als er die Lichtempfindlichkeit hervorhob. Das reine Pigment vergeht im Dunkeln weder mit Wasser befeuchtet noch in Aether, Benzol oder Chloroform; die letztere Lösung besonders wird aber vom Lichte leicht entfärbt, schneller, als die irgend eines andern Fettpigments. Außerdem scheint Sauerstoff nothwendig. Enthalten die Lösungen zugleich Fette in größerer Menge, so tritt mehr oder minder rasch Entfärbung unter vollkommenstem Lichtabschlusse ein und eine gesättigte dunkelrothe Lösung reinen Carotins in Oel pflegt spätestens nach drei Tagen gänzlich entfärbt zu sein. Sehr erkennbar schreitet die Entfärbung von der Oberfläche

in die Tiefe, verläuft in flachen Schichten außerordentlich schnell und wird durch guten Verschluß nahezu verhindert. Es handelt sich vermuthlich auch in der Dunkelheit um eine Sauerstoffwirkung, begünstigt durch das Ranzigwerden der Fette.

In gleicher Vollständigkeit wie die Zersetzlichkeit des Carotins wurde die des Luteïns und die Bedeutung, welche dem Lichte dabei zukomme, vor vielen Jahren von *Lieben* und *G. Piccolo* erkannt[1]. Es wird dies zwar allgemein übersehen in Folge der Darstellung *Hoppe-Seyler*'s, die nur der Lichtempfindlichkeit des in Chloroform gelösten Luteïns und der ersten Bearbeitung des Gegenstandes garnicht gedenkt[2], und ist jetzt ganz vergessen, seit Herr *Capranica* diese erste Entdeckung der Lichtempfindlichkeit eines thierischen Farbstoffs *Hoppe-Seyler* förmlich zugesprochen hat[3]; aber *Lieben* und *Piccolo* haben 1867 ganz richtig angeführt, das Luteïn sei im Lichte zersetzlich, jedoch auch im Dunkeln unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs, was vollkommen richtig ist. Besonders interessirt ferner ihre Angabe über die außerordentliche Resistenz des Luteïns gegen siedendes Aetzkali, was auch ohne die von uns ausgeführte spectroskopische Untersuchung leicht zu constatiren ist. Langsam verdunstende Extrakte der corpora lutea scheiden einen Theil des Pigments immer krystallinisch ab und es ist an diesen Krystallen kein Unterschied wahrzunehmen gegen diejenigen, welche nach der Verseifung der begleitenden Fette erhalten werden. Die Formen sind bekanntlich rhombisch und wol ausnahmslos durch

---

[1] Giornal. d. sc. nat. ed economiche. Palermo 1867 u. Zeitschrift f. Chemie von *Beilstein*, *Fittig* u. *Hübener*. S. 645. 1868.

[2] Handbuch d. physiol. u. pathol. chem. Analyse. 1875. S. 218 u. 219.

[3] *Capranica* l. c. S. 292 sagt: „Schon *Piccolo* und *Lieben* erwähnen, daß ihre Luteïnkrystalle sich an der Luft entfärbten: aber erst *Hoppe-Seyler* hat die wahre Ursache dieser Entfärbung, die Einwirkung des Lichtes, aufgedeckt."

krumme Kanten modificirt, worauf später auch *Holm* und *Städeler*[1]) zur Unterscheidung vom Bilirubin (Hämatoïdin) aufmerksam machten. Die Farbe ist heller, nicht so roth, wie die des Carotins und der Dichroismus im polarisirten Lichte weniger auffallend, theils weil die Individuen gewöhnlich dicker sind und weil die gelbe und orange Farbe nicht so gegensätzlich wirken wie die beiden Farben des Carotins.

Das Carotin soll durch Erhitzen mit Aetzkali die Fähigkeit wieder zu krystallisiren einbüßen. Ich finde es nicht, denn wenn man eine Probe reiner Krystalle durch Sieden mit Alkohol vollkommen löst, concentrirte Natronlauge zusetzt, länger siedet und den Alkohol verjagt, wird die Lösung plötzlich trübe und glitzernd von kleinen, zwar nicht schön ausgebildeten, meist zu Drusen vereinigten Krystallen, die nach Form und optischem Verhalten jedoch durchaus nichts anderes sind, als die anfänglichen. Es genügt sie nach vollkommenem Eintrocknen in CS_2 zu lösen und durch etwas Alkohol langsam abzuscheiden, um die schönen vorhin genauer beschriebenen Krystalle wieder zu erhalten[2]). Somit ist das Luteïn auch in diesem Punkte nicht vom Carotin verschieden und so lange wir nicht von ersterem und von allen übrigen Fettfarbstoffen die chemische Zusammensetzung kennen, sind es nur

---

[1]) Journ. f. pract. Chemie. Bd. 100. 1867. S. 142.

[2]) *Husemann*'s gegentheilige Angabe ist hier von Werth, da sie die an manchen Fettpigmenten vermißte Krystallisation aufklären könnte; die Angabe bezieht sich offenbar auf die Kalibehandlung unreinen, wol mit Fetten vermengt gewesenen Carotins. In der That ist es nicht leicht ein reines Präparat wiederzugewinnen, nachdem man es mit Fett gemischt der Behandlung unterworfen hat, denn der von den Seifen abgezogene Aether setzt das Pigment vorwiegend in gelben amorphen Rinden ab, aus welchen erst wiederholte Extraktion mit CS_2 u. s. w. das reinere, dann übrigens untadelhaft krystallisirende Carotin liefert; jedenfalls geht dabei viel amorphbleibendes Material verloren. Aehnlich pflegt es mit dem Luteïn zu gehen, von dessen reichlichen, in Fetten suspendirten Krystallen der größte Theil nach dem Verseifen gewöhnlich amorph wieder erhalten wird.

optische Differenzen, welche zu Unterscheidungen in der ganzen Gruppe nöthigen.

Diese Unterscheidung ist eine zwingende, denn man hat jetzt im Carotin, Luteïn und Elaeochrin rein und krystallinisch zu gewinnende Körper, welche in diesem Zustande schon ohne Weiteres verschieden erscheinen durch die Farbe, vollends bei genauerer Untersuchung der Krystalle unter Beachtung des Dichroïsmus und der Absorption. Wie die Spectra der Fettpigmente vom Carotin bis zum Chlorophan in gleichen Lösungsmitteln eine merkwürdige Reihe zur brechbareren Seite fortschreitender Absorptionsstreifen darbieten, deren Verschiebung vielleicht in derselben Weise durch die chemische Zusammensetzung der einzelnen Glieder bedingt wird, wie dies für die Linienspectra der Didymverbindungen nach *Bunsen*'s bekannten Arbeiten gilt, so bilden die am reinsten dargestellten Pigmente auch eine Reihe bezüglich der direkt wahrnehmbaren, dem Gelb zugehenden Farbe und eine Reihe in Hinsicht auf die Verwischung des Dichroïsmus. Das Elaeochrin schiebt sich in allen Hinsichten zwischen das Carotin und Luteïn: die Absorption reicht nicht so weit zum Roth, wie die des ersteren, dagegen weiter, als die des letzteren; die Farbe steht zwischen beiden; die Krystalle (ebenfalls rhombische, meist vollkommenere, nicht wetzsteinförmige) bilden sich leichter als die des Luteïns und der Dichroïsmus (hellorange und bronzeroth) ist auffälliger, als an jenem. Als viertes Glied schließt sich das Lecitochrin an, das ich wenigstens in mikroskopischen Präparaten nach dem Verseifen der Dotterfette, allerdings mit viel Cholesterin vermengt, endlich krystallinisch sah. Die Krystalle zeigten nur Wetzsteinformen oder rhombische Geschiebe von wesentlich hellerer, auch in dicken Schichten mehr gelber Farbe als die des Luteïns. Ueber die Doppelbrechung kann ich mich wegen der Auf- oder Einlagerung von Cholesterin nur unter Reserve äußern, eher über den Dichroïsmus, denn derselbe war sehr schwach, trotz der optisch günstig

wirksamen Verunreinigung, von gelb zu blaß orange wechselnd. Wie ähnlich das Lecitochrin (der Hühnerdotter[1])) dem Luteïn erschienen sein mag, so sind die Körper doch durch ganz bestimmte Differenzen geschieden und nirgends treten diese, wie ich vor längerer Zeit sagte, deutlicher hervor, als in den CS_2-Lösungen, wo der Einfluß der Verunreinigungen, die dem Lecitochrin allerdings am hartnäckigsten anhaften, am geringsten ist.

Die Art der Vertiefung und des Umschlagens der Färbung zum Roth, welche seit den alten Erfahrungen vom Carotin und nach denen *Lieben*'s und *Piccolo*'s (lange vor *Capranica*) am Luteïn als charakteristisch für den Uebergang in die CS_2-Lösung bekannt war, läßt ohne Weiteres die beiden Pigmente unterscheiden. Man braucht nur der Farbe nach gleich gesättigte Alkohollösungen, worunter die des Eiergelbs sogar die dunklere sein darf, gleichviel ob der gereinigten oder der fetthaltigen Pigmente mit CS_2 zu versetzen, oder diesen durch Verdrängung oder Verdunsten und neues Lösen an die Stelle des Alkohols treten zu lassen, um zu sehen, daß die Lösung des Dotterpigmentes trotz gleich erhaltener Concentration die hellere wird, und höchstens

---

[1]) Die Dotterfarbe unterliegt in der Thierreihe bekanntlich großen Schwankungen. Ohne dem Ausspruche, daß das Luteïn ein Gemenge sei, (was man höchstens gegen *Thudichum* sagen könnte) beizustimmen, neige ich sehr der Ansicht zu, daß viele Vogeldotter mehrere Pigmente enthalten. Sehr bekannt ist die Angabe *Chevreul*'s über einen rothen Farbstoff neben dem gelben im Hühnerdotter, eine so oft ohne Citat erwähnte Beobachtung, daß ich auch nicht mehr im Stande bin, das Original nachzuweisen, obwol ich dasselbe einstmals vor Augen hatte. Ich erinnere mich 1865 nach *Chevreul*'s Vorschrift durch Schütteln von Dottern guter Eier mit Wasser und Aether eine untere, sonst klare wässrige Schicht von schöner Rosenfarbe, ohne Aehnlichkeit mit Blutroth erhalten zu haben, deren Färbung beim Erwärmen schnell und vollkommen verschwand, während ein flockiges ganz farbloses Gerinnsel entstand. Seit mich der Sehpurpur wieder an die Erscheinung erinnerte, habe ich jene Behandlung der Dotter oft versucht, aber die Farbe bis heute nicht wieder zu sehen bekommen.

zum Orange, nicht zum Roth oder zum Scharlach neigt, wie die des Luteïns. Wer das kennt, kann von 2 Proben sofort deren Herkommen feststellen, und wird die Erklärung leicht in dem spectralen Verhalten finden, da außer der für das Auge wenig wirksamen Differenz der Verschiebung der Absorptionsstreifen ein sehr beträchtlicher Unterschied in der Durchlässigkeit für violettes Licht zu Gunsten des Luteïns in Betracht kommt.

Am wenigsten sicher ist zur Zeit die Unterscheidung des Lipochrins und einstweilen nur für das Froschfett möglich. Jedenfalls wechselt der Farbstoff des gemeinen Fettgewebes der Wirbelthiere erheblich, da außer tiefgelbem auch grünes Fett vorkommt und wahrscheinlich treten zeitweise bei derselben Species mehrere Fettpigmente, unter Umständen der Reihe angehörige, aus Pflanzennahrung aufgenommene auf, was für die Butter vielfach angenommen wird.

Mit dem Lecitochrin theilen das Chlorophan und Xanthophan die Eigenthümlichkeit in CS_2 gelöst viel Violett zu absorbiren und daher die Farbe durch den Wechsel des Lösungsmittels verhältnißmäßig wenig zu verändern, obschon Vertiefung und Zugehen zur orangen und rothen deutlich sind. Nehmen die gemischten Chromophane dagegen wol die auffälligste Scharlachnuance durch CS_2 an, so beruht dies nur auf der Gegenwart des Rhodophans, das ich jetzt auch in diesem Mittel auflösen und in eine prachtvoll violette Flüssigkeit verwandeln lernte, über welche noch berichtet wird. Das Chlorophan, obwol ein zweistreifiges Spectrum gebend, ist dennoch vom Lecitochrin sehr leicht zu unterscheiden, direkt durch die grünliche Nuance in allen seinen Lösungen, spectroskopisch durch die relative Schwäche des dem Roth zugewendeten ersten Streifens und durch die näher an *G* befindliche Lage des zweiten Streifens, worauf besonderes Gewicht zu legen ist, weil die Lage des ersten Streifens bei beiden Körpern so wenig verschieden ist, daß die kleine Differenz

auch von farblosen, auf die Dispersion wirkenden Verunreinigungen, von denen grade diese Präparate am schwersten zu befreien sind, herrühren könnte. Neuere Beobachtungen mit sehr gutem Sonnenlichte angestellt, zeigten auch beim Chlorophan einen dritten, kurz vor *G* auftauchenden Streifen, ähnlich dem von mehreren sorgfältigen Beobachtern längst bemerkten, von anderen mit Unrecht geleugneten dritten Streifen der Dotterpigmente und des Luteïns. Der Streif ist auch an der durch Extraktion trockener Hühnerretinae mit Chloroform erhaltenen gemischten Chromophanlösung zu sehen und rührt dort nur vom Chlorophan her.

Das Xanthophan und Rhodophan nehmen bezüglich der Absorption unter den Fettpigmenten eine besondere Stellung ein: sie geben nur je einen Streifen, letzteres sogar nur einen diffusen schlecht begrenzten, weit in's Gelbgrün reichenden Schatten und relativ geringe Absorption im Blau und Violett. Neuerdings bin ich vornehmlich bemüht gewesen, die Abwesenheit eines zweiten Streifens beim Xanthophan und die Anwesenheit zweier beim Chlorophan, worüber mir Zweifel aufstiegen, darzuthun. Es war dies trotz der beträchtlicheren Verunreinigung des gelbgrünen Farbstoffs, welche die Absorption von der brechbareren Seite abrücken konnte, leicht, weil der erste Streif, um den es sich nur handelte, durch die am meisten dispergirenden Mittel, namentlich durch CS_2 niemals so nahe an *b* zu bringen war, wie der des Xanthophans und weil alle Verunreinigungen des Chlorophans in die Xanthophanlösungen übertragen daran nichts wesentliches änderten. Um das Experiment ausführen, wurde eine an der Sonne gebleichte Quantität Chlorophanlösung in Chloroform zur Auflösung des Xanthophans benutzt, und der Verdampfungsrückstand der Lösung in Aether oder CS_2 aufgenommen. Das Chlorophanspectrum kann also seinen ersten Streifen nicht Resten von Xanthophan verdanken. Daß das Xanthophan nur einen Streifen giebt, also ganz frei von Chlorophan zu erhalten ist, lehrt jedes seiner

Spectra, besonders der Aetherlösung, das vor *G* hell genug ist um über die Abwesenheit plötzlich steigender und wieder sinkender Absorption zwischen *F* und *G* urtheilen zu lassen; ebenso lehrt es die Auflösung des Körpers in CS_2, wenn man erwägt, daß ein etwa vorhandener Streif durch das Mittel wegen des Zurückens zum helleren Theile des Spectrums deutlicher werden müßte: man sieht auch in verdünnteren, genügend blaues Licht durchlassenden Schichten keine Andeutung. Wiederholt und unter starkem Verlust muß freilich, um dies zu erreichen, die das Xanthophan enthaltende Seife mit Petroläther ausgezogen werden; man hat aber dafür den Vortheil, ein Pigment zu gewinnen, das namentlich nach öfterem Lösen in CS_2 und in kaltem Alkohol als tief orangefarbener Firniß zurückbleibt, in welchem mikroskopisch garkeine farblosen Beimengungen zu erkennen sind. Es krystallinisch zu erhalten, wollte dennoch auf keine Weise gelingen, ebensowenig wie beim Rhodophan, das vielleicht noch reiner erhalten wird.

II. Neuere Mittel zur Untersuchung der Chromophane.

Vorwiegend in der Absicht die Spectra der einzelnen Chromophane in Lösungsmitteln zu untersuchen, welche den natürlichen, sie in der Retina einschließenden möglichst ähnlich wären, habe ich neue Wege zur Darstellung, Trennung und Reinigung der Pigmente gesucht. Wie schon einmal handelte es sich auch jetzt wieder mehr um einige glückliche Griffe, als um Methoden, die auf schärferen Unterschieden des chemischen Verhaltens beruhten, da sich unsere früher ausgesprochene Vermuthung nur bestätigte, daß die reineren Farbstoffe bezüglich der Löslichkeit in verschiedenen Medien garnicht in dem Grade voneinander abweichen, als man nach der Verwendbarkeit eben dieser Medien zu ihrer

Trennung vermuthen sollte. Zwei Unterschiede sind indess durchgreifend und mit Vortheil zu verwenden: die ausschließliche Löslichkeit des Chlorophans in Petroläther, in Gegenwart eines Ueberschusses von Alkali und die Unlöslichkeit des Rodophans in Alkohol, bei Abwesenheit von Säuren oder von Ammoniak.

1. Zurichtung des Materials.

Die Chromophane theilen mit den übrigen Fettpigmenten die Zersetzlichkeit in Gegenwart von Fetten durch Sauerstoff: wie ich jetzt weiß, ging uns früher zuweilen Material nur deshalb während des Ansammelns verloren, weil die Augen entweder nicht sogleich mit genügendem Alkohol übergossen oder nicht gehörig damit durchgeschüttelt waren. Die sauberste Verarbeitung besteht ohne Zweifel im Herausnehmen der Netzhäute unter Salzwasser und sofortigem Uebertragen der Membranen in absoluten Alkohol. Bei größeren Mengen zu zeitraubend habe ich das Verfahren nur für gewisse Zwecke verwendet. Die Chromophane lösen sich in diesem Falle auch ohne Erwärmen vollkommen in Alkohol (20 CC. auf 30 Netzhäute) binnen 24 St., ohne jedoch freier von Fetten und andern Verunreinigungen erhalten werden zu können. Im Vacuum rasch getrocknete Retinae geben mit eiskaltem Alkohol gehörig zerrieben ebenfalls alle Chromophane ab und die Lösung hinterläßt einen rothorangen, zuletzt völlig trocknenden Firniß, aus welchem Wasser beträchtliche Mengen farbloser, krystallisirender Stoffe auszieht. Ich habe versucht, das Farbige weiter mit Galle, Glycerin oder NH_3 zu extrahiren, sah aber nur schwer zu verarbeitende, trüb und farbig filtrirende Emulsionen entstehen, und kehrte deshalb zur Massenconservirung ganzer Augen zurück.

Sehr vereinfacht wird die Arbeit, indem man die Augen nur enucleïrt und im Alkohol mit der Scheere zerkleinert, ohne Rücksicht auf die Gewebe und den Inhalt der Bulbi, welche vielmehr

von Vortheil sind, indem sie den Uebergang der Farbstoffe in den Alkohol fast ganz verhindern. Die Pigmente der vielfach gelben und rothen Iris[1]) des Vogelauges kommen als ganz unlöslich in Alkohol und Aether nicht in Betracht.

2. Darstellung der Chromophane.

Der Augenbrei wird zum Sieden erhitzt, heiß filtrirt, mit heißem Alkohol ausgewaschen, nach dem Erkalten mit Aether extrahirt, so lange letzterer deutlichere Färbung annimmt. Nachdem der Aether verdunstet worden, wird eine über dem rothen Fette stehende, seifenartige, farblose Flüssigkeit abpipettirt, das Farbige mit kaltem Alkohol gründlich extrahirt. Man verliert hierbei wesentlich Chlorophan, das jedoch, obschon ziemlich unrein, zusammen mit dem im ersten Alkoholextrakt der Augen abgängig gewordenen für sich zu gewinnen ist. Hierauf wird zum Verseifen geschritten, der wässrige noch kräftig alkalische Seifenleim stark verdünnt und mit Petroläther ausgeschüttelt, welcher sich dabei gar nicht färbt und nur Cholesterin und andere farblose Substanzen aufnimmt. Reichliche Mengen weißer gequollener Seifen, welche die Grenze der Flüssigkeiten einnehmen, werden im Scheidetrichter zurückgelassen, der gefärbte Seifenleim erwärmt, bis der Geruch nach Petroläther verschwunden ist, dann siedend ohne Ueberschuß festen Chlornatriums ausgesalzen, nach dem Erkalten die körnigen Seifen mit NaCl von 30 pCt. gewaschen. Ich ziehe jetzt vor, das Auswaschen nicht bis zur völligen Entfernung des Alkalis zu treiben und die Seifen nicht ganz zu trocknen, sondern zwischen Papier auszupressen. Zieht man sie dann mit Petroläther aus, so nimmt derselbe anfänglich

[1]) Die farbigen Irides nach dem Kochen mit Wasser durch Trypsin verdaut, hinterlassen außer Fuscin nichts als sehr undurchsichtige, orangefarbene Körnchen, die Alkohol und Aether nicht färben, in HCl unlöslich sind, in Kalilauge verschwinden.

wenigstens nur Chlorophan auf, das durch bloßes Verdunsten zu gewinnen ist und, obwohl immer noch reichlich mit Cholesterin vereinigt, keinen Stickstoff enthält. Man kann es etwas reiner gewinnen durch Auflösen in kaltem Alkohol, der meist eine seifige farblose Masse hinterläßt. Wird die Petrolätherbehandlung zu lange fortgesetzt, so gehen auch etwas Xantho- und Rhodophan in Lösung, aber man hat den Vortheil, die Hauptmasse dieser Körper gleich frei von Chlorophan zurückzubehalten.

Der Seifenrückstand wird weiter mit Aether behandelt, so lange dieser sich färbt. Was zurückbleibt hat eine reine Rosenfarbe: es ist die Masse, aus welcher wir früher das Rhodophan mittelst Benzol oder Terpentinöl gewannen. Sie repräsentirt ungefähr die Hälfte dieses Farbstoffs, während die andere Hälfte mit dem Xanthophan in den Aether übergegangen ist. Der Aether wird verdunstet, der Rest mit kaltem Alkohol extrahirt, welcher alles Rhodophan zurückläßt und bei gehörigem Zerreiben alles Xanthophan aufnimmt.

Die andere Hälfte des Rhodophans gewinnt man am besten durch Sieden der rosenrothen schwerlöslichen Masse mit Alkohol und einigen Tropfen Phosphorsäure, rasches Filtriren ohne Abkühlung, Versetzen des rothen klaren Filtrats mit NH_3 bis zur deutlich alkalischen Reaction, Abfiltriren der massenhaft ausgeschiedenen Salze, rasches Verdampfen des rothen alkalischen Alkohols, Aufnehmen des Rückstandes in Aether. Ebenso wird die mit dem Xanthophan vereinigt gewesene Hälfte des Rhodophans in Aether gelöst, worauf man beide Aetherlösungen vereinigt und mit Alkohol bis zum Entstehen starker Trübung versetzt. Nach einigen Minuten ist das Pigment in tief rothen Flocken ausgefällt und kann von dem farblosen Alkoholäther getrennt mit Alkohol gewaschen werden.

Obgleich unsere früheren Versuche, die unreinen Chromophane mit $Ba(HO)_2$ zu verseifen, keinen günstigen Erfolg gehabt hatten,

habe ich das Verfahren kürzlich aus Anlaß der Angaben *Maly*'s, der damit beim Vitellorubin zum Ziele kam, in etwas veränderter Weise wieder aufgenommen. In der That kann man die Trennung des Rhodophans damit gut bewirken und ist diese Uebereinstimmung mit dem Vitellorubin gewiß zu beachten. Ich habe die völlig mit Salzwasser gewaschenen Seifen mit Alkohol und wenig Barytwasser zum Sieden erhitzt, den reichlichen Niederschlag mit heißem Alkohol gewaschen, so lange derselbe gelb gefärbt durchging, dann mit etwas Phosphorsäure (nicht mit H_2SO_4, die zu vermeiden ist) und Alkohol ausgekocht und aus der rothen sauren Lösung das Rhodophan mit NH_3 und in der schon erwähnten Weise weiter isolirt. In den ersten heißen Alkohol war kein Rhodophan übergegangen; dagegen enthielt derselbe alles Chlorophan und Xanthophan, ersteres aus dem Verdunstungsrückstande des nach Entfernung reichlicher farbloser Niederschläge beim Erkalten wieder filtrirten Alkohols, leicht mit Petroläther extrahirbar.

Die 3 Pigmente in dieser Weise dargestellt werden zweckmäßig jedes noch einmal in CS_2, der in der Regel etwas farbloses hinterläßt, und aus dem CS_2-Rückstande mit Alkohol aufgenommen, das Rhodophan mit Aether gelöst. Die Conservirung geschieht am besten im trockenen Zustande. So weit gereinigt, sind die Farbstoffe sämmtlich löslich in: Aether, Petroläther, Chloroform, CS_2 und in fetten Oelen, sowie in noch manchen andern Mitteln, auch in Alkohol, mit Ausnahme des Rodophans, das sich aber in Säuren oder NH_3 enthaltendem Alkohol, sowie in Essigäther leicht löst. In H_2O, Alkalien oder NH_3 sind sie sämmtlich unlöslich.

3. Verhalten der Chromophane.

Neu und von besonderem Interesse waren die meisten Lösungen des Rhodophans. Während die sauren oder alkalischen

Alkohollösungen, die ätherischen und die mit Fetten hergestellten Auflösungen des Körpers nur im concentrirten Zustande dem Scharlach zuneigen, im verdünnten mehr in's gelbliche oder chamoisfarbene schlagen, bewahrt die Chloroformlösung die röthere Nuance noch bei großer Verdünnung und ist die in CS_2 vollkommen violett. Aus dem CS_2 mit Alkohol ausgefällt bildet das Rhodophan dunkelviolette Tröpfchen, die allmählich zu einer harzigen Masse von tiefster Purpurfarbe erstarren. Wie schon erwähnt schlugen alle Versuche, die Pigmente krystallinisch zu erhalten, fehl, namentlich auch ein Verfahren, das beim Luteïn und Elaeochrin, selbst beim Lecitochrin die besten Dienste geleistet hatte, und das in langsamem Eintrocknen mit Alkohol versetzter amorpher Präparate unter einem recht großen Deckglase bestand.

In einer Beziehung bereiteten die jetzigen besser gereinigten Chromophane eine Ueberraschung: es wollte die Reaction mit Jod-Jodkalium daran nicht glücken, am Rhodophan auch die mit salpetriger Säure nicht gerade brillant. Nur die tiefblaue Farbe mit concentrirter H_2SO_4 trat überall intensiv auf. Alle 3 Farbstoffe in der verschiedensten Weise mit Jodlösung behandelt, theils in concentrirtester Lösung in Gestalt firnißartiger Tropfen und Schlieren, oder frisch aufgetrocknet, auch wieder mit kleinen Mengen Fett versehen, nahmen mit Jod höchstens Schmutznuancen, durchaus nicht die deutlich blaugrüne Farbe an, welche *Schwalbe* an den Zapfenkugeln und ich an den zwar von Fetten, aber nicht von Nhaltigen Verunreinigungen getrennten Präparaten erhalten hatten. Da mir die Widerspänstigkeit einiger Fettpigmente gegen das Reagens vom Carotin her bekannt war und ich kaum glauben kann, das vielfach unkrystallisirtes Carotin etwas farbloses als Verunreinigung enthalte, dem die Jodreaction zuzuschreiben wäre, so bleibt der Ausfall derselben an den Chromophanen einstweilen unerklärt. Ich muß aber von neuem daran erinnern, daß

das Rhodophan in dieser Beziehung früher schon aufgefallen war und daß die mangelhafte Färbung mit Jod auch dem fein vertheilten genuinen rothen Farbstoffe im Innengliede der Zapfen der Taubenretina eigen ist.

4. Bemerkungen über die Zersetzlichkeit und Lichtempfindlichkeit der Fettpigmente und Chromophane.

Bei Abwesenheit des Lichtes erweisen sich die Farbstoffe am dauerhaftesten in Gegenwart von Alkalien und nach Entfernung ihrer genuinen Lösungsmittel, vor allen des Fettes. Am wenigsten haltbar sind die Abdampfungsrückstände der ätherischen, alkoholischen und anderer die Fette zugleich enthaltenden Lösungen: dieselben werden in dünnen Schichten der Luft ausgesetzt in wenigen Tagen farblos während die Lösungen selbst, wenn das Fett darin nicht außerordentlich überwiegt, zwar vor Verdunstung geschützt aber mit viel Luft in Berührung, nach Monaten kaum an Farbe einbüßen. Nur die sehr unreinen, Stücke der Bulbi enthaltenden Alkoholpräparate machen hiervon eine Ausnahme und es scheint die bald eintretende Zerstörung der Chromophane mit jener eigenthümlichen fermentativen Zersetzung zusammenzuhängen, die man an solchen Mischungen kennt. Lösungen der Chromophane in Oelen entfärben sich je nach der Begünstigung des Luftzutrittes mehr oder minder rasch, binnen kurzem z. B. durch mehrmaliges Filtriren. Dabei ist die Temperatur von Einfluß; doch habe ich in der Wärme auch Entfärbung eintreten sehen, unter Umständen, wo vorwiegende Mitwirkung des Sauerstoffs nicht wahrscheinlich war, z. B. als eine tief rothe Rhodophanlösung in Oel, aus der Reste von Chloroform und Aether vertrieben werden sollten, in einem langen engen Cylinder, den sie kaum zur Hälfte füllte, 3 Stunden in einem Wasserbad versenkt worden war. Ferner bemerkte ich, daß Sieden mit Wasser oder Eindampfen der Lösungen in mäßig starkem Alkohol auf

dem Wasserbade den Farbstoffen verderblich wird. Ich meine damit nicht nur die Bräunung begleitender myelogener Stoffe, sondern eine Erscheinung, die an davon möglichst befreiten Pigmenten vorkommt, und die ich am auffallendsten beim Luteïn sah, wo die gelbe Masse plötzlich bräunlich mißfarben wurde unter Verbreitung eines eigenthümlichen, auffallend an Ozon erinnernden Geruches. Endlich wirken Terpentin und Mischungen von Alkohol und Essigsäure nach einiger Zeit zerstörend, auf das Rhodophan auch CS_2 in 2—3 Tagen.

Die Lichtempfindlichkeit ist weitaus am größten in den Chloroformlösungen und wird darin wenig beeinflußt selbst durch beträchtliche, ¹/₄ des Volums etwa betragende Zusätze von Alkohol, Aether, Fetten und myelogenen Stoffen. In CS_2 fand ich die Lichtempfindlichkeit durchaus im Gegensatze zu *Capranica*'s Angaben äußerst gering. Da manches käufliche Chloroform für sich, oder wenn etwas organische Substanz, ein Stückchen Kork oder Harze z. B. hineingelangen, durch Licht zersetzt wird, schien die wenigstens 20mal größere Lichtempfindlichkeit dieser Lösungen verdächtig: ich habe aber in keinem Falle unser Chloroform nach gründlichster Besonnung die Farbstoffe im Dunkeln bleichen sehen und ebensowenig einen Einfluß gebleichter Pigmentchloroformlösungen auf zugesetztes neues Pigment wahrnehmen können, weder in der Dunkelheit, noch im Lichte bezüglich des zeitlichen Verlaufes fortgesetzter Bleichung.

Wie viel mehr das Licht auf die Chloroformlösungen, als auf andere wirkt, mag folgendes Beispiel zeigen. Ich löste einige Carotinkrystalle in Chloroform, theilte in zwei Hälften, verdunstete die eine und löste den Rückstand in gleichem Volum CS_2. Beide Lösungen wurden wieder getheilt, um Controlproben zum Verweilen im Dunkeln zu haben. Zwei Proben in gleichen Probirröhrchen wurden (12. Jan. 11 Uhr) der unbedeckten Sonne ausgesetzt. Um 12 Uhr war die Chloroformlösung fast entfärbt,

die in CS_2 kaum merkbar verändert, um 12 Uhr 30 Min. die erstere ganz farblos, die andre etwas gelblicher roth, als die zugehörige Dunkelprobe; um 3 Uhr wurde sie orange und am folgenden Tage nach dem Stehen im Freien von 11—4 Uhr, während die Sonne zuweilen hervorgetreten war, erschien sie noch tiefgelb; erst am Nachmittage des 15. Jan., nach übrigens trüber Witterung, war die Entfärbung annähernd vollendet; die Dunkelproben hatten sich nicht verändert. Mindestens gleich große Differenzen ergaben alle andern Fettpigmente und Chromophane (mit Ausnahme des zu dem CS_2-Versuche nicht verwendbaren Rhodophans), auf gleiche Art, freilich in nicht so reinem Zustande exponirt.

Die Farbstoffe untereinander auf ihre Lichtempfindlichkeit zu vergleichen, ist heute vielleicht vergebliches Beginnen, da man nicht wissen kann, welchen Einfluß die Verunreinigungen darauf haben. Da sich jedoch der Einfluß von Fetten und myelogenen Stoffen, wenn nicht in colossaler Proportion zugefügt, als höchst unerheblich erwies und nicht unbeträchtliche Zusätze von Terpentinöl z. B., das als alleiniges Lösungsmittel die Farbstoffe im Dunkeln bald entfärbt, wider Erwarten, nicht erkennbar fördernd wirkte, habe ich einige Reihenprüfungen nicht unterlassen wollen. Die größte Schwierigkeit bereitete das Gleichstellen der Sättigung in den Proben verschiedener Pigmente und es wurde diese zu erreichen gesucht, indem durch Verdünnung Lösungen hergestellt wurden, welche in gleich dicker Schicht die Absorptionsstreifen grade deutlich zeigten. Große Differenzen ergaben sich auf diese Weise zwischen dem Carotin und allen andern Pigmenten, dann unter den übrigen und dem Rhodophan, das am lichtbeständigsten schien, kleinere unter den übrigen. Während die großen Differenzen in 30 bis mehr als 40 Min. zu bemessen waren, betrugen die kleineren 10—15 Min. und sind deshalb vielleicht nicht so maßgebend. Die wiederholt beobachtete Reihe abnehmender Licht-

empfindlichkeit lautet: Carotin — Elaeochrin, Luteïn und Lipochrin — Lecitochrin und Chlorophan, Xanthophan — Rhodophan[1]). Die Reihe zeigt ein merkwürdiges Anklingen an die der Maxima der Absorptionsstreifen der Pigmente, insofern dieselben vom Carotin bis zum Chlorophan immer weiter zur brechbareren Seite rücken. Nur bezüglich der Stellung des Xanthophans zum Chlorophan und für das Rhodophan trifft dies nicht zu, allein diese beiden zuletzt bleichenden Pigmente dürften wegen ihres einstreifigen Spectrums überhaupt zu dem Vergleiche nicht heranzuziehen sein. Namentlich die Chromophanlösungen werden während der Lichtbleiche opalescent.

Außerordentlich verzögert wird die Lichtbleiche überall durch leichtes Ansäuern mit an sich möglichst ungefährlichen sauren Reagentien. Am vortheilhaftesten erwies sich direktes Auflösen der Pigmente in käuflichem, stark sauer reagirendem Essigäther, worin ich Rhodophan seit einigen Monaten am Lichte kaum verändert sehe. Auch schwaches Ansäuern mit Phosphorsäure macht die alkoholischen Lösungen nahezu indolent, während etwas größere Zusätze der Säure in einigen Wochen im Dunkeln Verfärbung bewirken. Man kann nicht wissen, ob die seit lange am Luteïn bekannte, von *Mays* an den retinalen Chromophanen bemerkte Indolenz gegen Licht, bei Ausschluß der Atmosphäre durch CO_2, nicht durch die CO_2 an sich erzeugt wurde und wird wenigstens die evidenteste Zersetzlichkeit der Chloroformlösungen durch Licht bei Ausschluß des Sauerstoff durch irgend welche andere sicher indifferente Gase oder sonstige Mittel untersuchen müssen, wenn *Capranica*'s Angabe, daß die Lichtbleiche auch im *Torricelli*'schen Vacuum erfolge, widerlegt werden soll.

Von allen Lösungen werden ohne Zweifel die in fetten Oelen am langsamsten, selbst sehr verdünnte, in schmalen 3—4 Ctm.

[1]) In veränderter Weise und unter Mitwirkung anderer Factoren ausgeführt, ergiebt die Belichtung der drei in Chloroform vereinigten Chromo-

hohen Schichten erst nach vieltägiger Besonnung gebleicht. Immer bereitet dem Vergleiche aber die Veränderlichkeit dieser Lösungen auch im Dunkeln erhebliche Schwierigkeiten, denn wenn man auch über den Unterschied der Proben alsbald ein Urtheil gewinnt, so wird man die Lichtwirkung ohne Abzug dessen, was in der beleuchteten Probe ohnehin an Pigment verloren gegangen wäre, überschätzen.

5. Zur Spectroskopie der Chromophane.

Zum Verständnisse der Absorption der genuinen Chromophane, welche bisher nur an dem mikroskopischen Objecte der Zapfenkugeln von gegebenem Durchmesser und gegebener Farbensättigung untersucht worden ist, war es nöthig, das spectrale Verhalten unserer Pigmente in concentrirteren und namentlich in mit Fetten hergestellten Lösungen zu prüfen.

Ich habe mich dazu einiger Einrichtungen bedient, die vielleicht mit Nutzen zu beschreiben sind.

Hermann's Hämoskop ist für die uns beschäftigenden Erscheinungen im lichtschwächeren Theile des Spectrums und für Streifen, die sich an Deutlichkeit der Begrenzung mit den bekannteren der Hämoglobine, des Hämatins, Chlorophylls u. s. w. nicht messen können, unentbehrlich. Es hat aber den Nachtheil viel Material zu beanspruchen, bei geringer, kaum 30 mm erreichender Schichtendicke. Ich habe neuerdings derartige Instrumente, sowohl aus Hartgummi, wie aus Messing herstellen lassen, welche Verlängerung auf 80 mm gestatten, mit einem Lumen von nur 4 mm Durchmesser, und also sehr wenig Flüssigkeit fassten. Der durchsichtige Verschluß wird durch eingeschliffene, auf beiden Endflächen polirte cylindrische Glaspfropfen be-

---

phane Aehnliches, indem die Mischung zwar heller, aber erst röther, dann chamoisfarben, endlich rosa wird; im letzten Stadium ist in langen Schichten spectroskopisch nur Rhodophan zu erkennen.

wirkt, die keines Kittes bedürfen. Bequemer noch finde ich gewöhnliche Probirröhrchen oder 10—30 Ctm. lange Röhren von 4 mm Durchmesser, durch die das Licht parallel der Axe fällt. Es giebt dafür käufliche Einrichtungen mit Beleuchtungsspiegel und vertical gestellten Spectroskopen grader Durchsicht. Da die letzteren für unsere Zwecke weniger geeignet sind, ließ ich den gewöhnlichen *Kirchhoff*'schen Spectralapparat vor dem Spalte mit einem total reflectirenden, durch eine Drehung leicht zu beseitigenden Prisma versehen, dessen eine Kathetenfläche horizontal über die Mündung der Röhren gebracht wird. Indem man die Röhren an Stelle des Tubus eines Mikroskops befestigt und das Licht nur durch den Spiegel am Fuße eintreten läßt, unter sorgfältigem Schutze aller übrigen Theile im Dunkelzimmer, wird die Einrichtung zu einer äußerst handlichen. Die Krümmung am Boden der Röhren zu beseitigen, hatte keinen ersichtlichen Vortheil.

In Fig. 20 stellen die Curven *a* bis *ef* die Absorption des Rhodophans dar: *a* der Lösung in CS_2, *b* in Erdnußöl, *c* in Aether, *d* in PO_4H_3 enthaltendem Alkohol, *e* in ammoniakalischem Alkohol. Die punktirten Linien geben die mit den betreffenden Lösungen erzielten Maxima, richtiger das weiteste Vorrücken der Absorption zum rothen Spectralende an, womit natürlich nicht gesagt ist, daß dieselben nicht mit Hülfe concentrirterer Lösungen oder dickerer Schichten noch überschritten werden könnten. Mehrfach reicht die Beschattung über *D* hinaus und bildet rasch ansteigende, noch näher an *D* gelegene Maxima, als es mikrospectroskopisch bisher an den rothen Zapfenkugeln gesehen worden ist. Bei hinreichender, das Maximum vor *F* deutlich zur Erscheinung bringender Verdünnung sieht man diese Stelle mit der Zunahme der Dispersion des Lösungsmittels in der zu erwartenden Weise dem Roth zuwandern und bei der CS_2-Lösung die Begrenzung des Schattens zugleich in merkwürdiger Weise diffus werden. Man möchte hören, was Herr *Wälchli*

zu dem ihm gewiß als „continuirlich“ imponirenden CS_2-Rhodophan-Spectrum sagen würde, nachdem er so bestimmt erklärt hatte, solcher Wandel sei nur durch chemische Veränderung des Farbstoffes möglich. Indeß braucht man den CS_2 nur abzudunsten und den Rückstand in irgend einem der andern Mittel aufzunehmen, um das diesen charakteristische, weniger diffuse Spectrum zu erhalten. Das Absorptionsmaximum der Oellösung liegt augenscheinlich da, wo man es erwarten durfte, nämlich etwa in der Mitte zwischen dem der CS_2- und der Aetherlösung.

Vom Xanthophan und Chlorophan sind in Fig. 21 und 22, *a*, *b*, *c* die Spectra der Lösungen in CS_2, in Erdnußöl und in Aether dargestellt. Die durch punktirte Linien angegebenen Maxima der concentrirteren Lösungen rücken beträchtlich weiter in die grüngelbe Region, als Herr *Wälchli* es an den Mikrospectren der Zapfenkugeln sah, namentlich beim Chlorophan, wo der Punkt durch die Oel- und Aetherlösung bis nahe hinter *b* zu treiben ist. Dennoch ist es mir nicht mit diesen, sondern nur mit den Alkohollösungen, welche die sonst vorwiegend den verdünnteren Lösungen eigenthümliche grünliche Nuance dieses Farbstoffs bei größerer Sättigung bewahren, gelungen, erkennbare Beschattung des Roth von *B* nach *a* zu erzielen, während das erste Maximum in diesem Falle näher bei *F* lag, als bei den übrigen concentrirten Lösungen, nämlich fast in der Mitte zwischen *F* und *b* (vergl. Fig. 22 *d*). Charakteristisch für das Xanthophan ist das rasche Ansteigen der ersten Absorption, ähnlich wie das des Rhodophans im Gelb.

Daß die Absorptionsstreifen mit keiner der concentrirteren Lösungen irgend eines der Chromophane sichtbar wurden, so lange die geschilderten Maxima in der weniger brechbaren und lichtstärkeren Spectralregion zu beobachten waren, würde ich nicht erwähnen, wenn man es nicht in Utrecht erwartet hätte.

III. Die Chromophane in den Zapfenkugeln.

Die bisherigen Untersuchungen ergaben als färbende Bestandtheile der Zapfenkugeln „mindestens“ 3 Pigmente ohne eine größere Anzahl auszuschließen und ich bin heute nur in der Lage, unsere frühere in dieser Beziehung reservirt gehaltene Aeußerung aufrecht zu erhalten. Unter den Vögeln (ganz abgesehen von den Reptilien) finden sich so große, an die Species gebundene Differenzen der Zapfenfärbungen, daß ich das Verfahren Herrn *Wälchli*'s, das selbst unsern, ausschließlich an der Hühnerretina durchgeführten Untersuchungen gegenüber, gar keinen Unterschied macht zwischen Taube, Huhn, Ente, Fink (welcher Fink?), für nicht gerechtfertigt halte[1]).

Manche Verschiedenheiten der Zapfenkugeln könnten auf Mischungen der bekannten Chromophane beruhen, z. B. die Stufen von der rothen zur orangen, gelben und gelbgrünen Färbung, die durch künstliche Mischungen der Chromophane leicht nachzuahmen sind. Am unsichersten ist bei allen Autoren die Bezeichnung der gelben, gelbgrünen und grünen Kugeln und doch ist es sicher, daß manche recht grüne beim Huhn und der Taube vorkommen, bei andern Vögeln grasgrüne oder rein grüne, sehr intensiv gefärbte, ohne gelbliche Nuancen sogar in großer Zahl.

---

[1]) Könnte der Zufall diesesmal von der Regel entbunden haben, daß sich niemand peinlicher an das fragliche Material zu halten habe, als wer Widerspruch erheben will, so hätte Herr *Wälchli* wenigstens sorgfältiger in den Angaben über das von ihm benutzte sein sollen; es ist eine unerträgliche Aufgabe, in solchem Falle noch Unordnungen eines Autors entwirren zu müssen. Ich versuche es, wie folgt: S. 315 l. c. wird auf das bewußte Taf. XII Fig. 3 *a* abgebildete Spectrum mit Absorption im Roth verwiesen, als von einer grünen Kugel der T a u b e: auf der Tafel steht H u h n; nach der Tabelle S. 308 scheint „Huhn“ richtig. — S. 318 steht statt meiner Taf. IV Fig. 14, Taf. 3 Fig. 7. — S. 315 soll die Absorption der gelben Kugel (laut Fig. 2) bei λ 0,535 beginnen; auf der Tafel beginnt sie bei 0,51; ebensowenig stimmen die Zahlen für den steilen Absturz (0,52 statt 0,50) und für das Ende des Spectrums (0,44 statt 0,46).

Es könnte daher wol ein viertes ausgesprochen grünes Chromophan existiren, wenn nicht die Farbe entsteht durch Mischung mit einem ebenfalls noch nicht dargestellten blauen Pigmente. Letztere Annahme wäre die einfachere und ist nicht unberechtigt, denn an dem Vorkommen hellbläulicher, stahlfarbener, selbst satt himmelblauer Zapfenkugeln zweifelt Niemand, der die Netzhäute hinreichend zahlreicher und verschiedener Vogelspecies untersucht hat. Auch beim Huhn wird das Vorkommen bläulicher Kugeln von mehreren Beobachtern behauptet und ich zweifle nicht mehr daran, seit ich gehörig verdünnte Netzhautemulsionen, in denen die Kugeln zur Verhütung von Contrasten möglichst zerstreut lagen, genügend untersucht habe; es scheint mir sogar, daß alle sog. farblosen kleineren Kugeln bläulich sind. Allerdings hängt das Urtheil sehr von der Beschaffenheit der Mikroskope ab: mit *Zeiss*'schen Linsen sieht man die Färbung leichter, als mit *Hartnack*'schen weniger in Blau übercorrigirten, und überdies bedarf das Auge des Beobachters möglichster Ruhe und des Schutzes vor Nebenlicht. Herr *Wälchli*, dem es aufzufallen scheint, daß ich zur Vergleichung der Chromophane mit den genuinen Zapfenfärbungen „gute achromatische Mikroskope" forderte, wird noch Gelegenheit erhalten, sich dessen bei einigen wichtigen Punkten, die ihm entgangen sind, zu erinnern.

Wenn man Hühnerretinae im feuchten Raume am Tageslicht länger liegen läßt, so erblassen die gelbgrünen Kugeln zuerst, während deren grünliche Nuance in einem nicht zu weit vorgeschrittenen Stadium entschieden deutlicher wird; etwas später ist die Zahl größerer bläulicher Kugeln entschieden vermehrt. Läßt man Präparate, in verdünntem Glycerin oder schwacher Salzlösung zerstreuter Zapfenkugeln, z. Th. unter grünem Glase z. Th. unter Kupferoxydammoniak anbleichen, so findet man die ersteren bald reicher an blassgrünen, ärmer an gelbgrünen, die andern Präparate mit zahlreichen recht deutlich bläulichen Kugeln

durchsetzt, die nachträglich in gelbgrüner Beleuchtung rasch gänzlich entfärbt werden. Dies macht den Eindruck, als ob die ursprünglich grüneren Kugeln außer Chlorophan etwas blauen Farbstoff enthielten, welcher im kurzwelligen Lichte am besten, etwas weniger, jedoch länger als das Chlorophan, in grüner Beleuchtung aushielte. An einer Chlorophanlösung, die ich in der Vermuthung, daß sie das Kyanophan mitenthalte, auf ähnliche Weise belichtete, sah ich unter allen Umständen nur die deutlichere grüne Nuance hervortreten, die man auch durch bloßes Verdünnen erhält und erst nach vollkommener Bleichung einen Stich in's Bläuliche auftreten, der sich weiterhin im Lichte erhielt und nur bedingt war durch die feine Trübung, welche das Licht in den Chloroformlösungen aller Chromophane erzeugt. Dagegen sind mir deutlich bläuliche, am Lichte langsam farblos werdende Flüssigkeiten vorgekommen, wo Lösungen noch fetthaltiger Chromophane in gallensauren Salzen die Farbstoffe größtentheils mit Aether entzogen wurden, und dann war es die wässrige Lösung, welche den bläulichen Schimmer zeigte.

Auch bei den Schildkröten und Eidechsen kommen bläuliche Kugeln vor, bei Lacerta muralis neben gelben und gelbgrünen, und während die kugellosen Zapfen ein gelbes Innenglied haben, fehlt denen mit bläulicher Kugel jegliche sonstige Färbung.

1. Mikrospectroskopische Untersuchung.

Schon um dem Vorwurfe zu entgehen, das Beispiel Herrn *Wälchli*'s befolgt zu haben, der sich die Mühe nicht geben wollte, die Chromophanspectra erst anzusehen, bevor er sie mit denen der Zapfenkugeln verglich, hielt ich es für geboten, seine auf das mikroskopische Gebiet beschränkt gebliebene Untersuchung durch eigene Anschauung zu controliren. Einmal auf Verbesserungen der Mikrospectralapparate aufmerksam gemacht, hoffte ich überdies den lange gehegten Wunsch erfüllen zu können, die

Absorption der einzelnen Chromophane in situ mit allen den Hülfsmitteln zu untersuchen, welche bisher zwar an größeren Quantitäten der Pigmente in Verwendung gekommen waren, aber doch nur an solchen, die erst unvermeidlich gemischt werden mußten, ehe man sie wieder trennte. Wie es für die vorzunehmende Vergleichung an den Chromophanlösungen die Aufgabe gewesen war, sie auch in dem Sättigungsgrade der Farben der Zapfenkugeln zu untersuchen, so war es an den letzteren ein wesentliches Erforderniß, sie nach Belieben abzuplatten oder zu verdünnen. Herr *Wälchli*, der in letzterer Beziehung so gut wie nichts erstrebte, äußert sich auch über die zu seinen zwei schwachen Abplattungsversuchen benutzten Mittel garnicht.

a. Zurichtung des Objectes. Verdünnung der Zapfenkugeln.

Objecte von der Größe der Zapfenkugeln platt zu pressen gilt für schwierig, ist aber, wie alles unumgängliche ausführbar. Am schwierigsten ist die Abplattung unter Controle durch das Auge. Ich habe sie mit einem durch Herrn *Zeiss*' Kunst hergestellten sog. *Schacht*'schen Compressorium ausgeführt, dessen Platten so vollkommen aufeinander polirt waren, daß man die concentrisch auftretenden *Newton*'schen Ringe bis zum optischen Contacte fortzudrücken vermochte. Da das Deckglas unter einer gewissen Dicke nicht herzustellen war, mußte sich die Vergrößerung auf *Hartnack*'s Immersionssystem 9 beschränken, dessen Focaldistanz hinreichend wurde, wenn man die Correktionsschraube ganz herabstellte und die Linse in eine stark brechende Auflösung von Choralhydrat in concentrirtem Glycerin tauchte. Natürlich durfte das Object keine Luftbläschen, welche die Zapfenkugeln wie Riesenpolster schützen und sich zu großen Landkartenfiguren umgestalten, enthalten und möglichst nur aus den bunten Kugeln bestehen. Um es herzustellen habe ich aus frischen Netzhäuten durch Schütteln mit Wasser, verdünntem Glycerin, Kochsalzlösung

oder entfärbter Galle Emulsionen bereitet. Die Kugeln widerstehen begreiflich um so mehr, je kleiner sie sind, aber es scheinen manche größere rothe Kugeln besonders schwierig zerdrückbar zu sein und bei jedem Pressverfahren sind sie es, welche statt platt und buchtig zu werden z. Th. in eine Art zierlichen Planetenhaufen zerfallen. Nach genügender Pressung nehmen die flachen Farbenflecke die Kugelgestalt nicht wieder an; ihre Größe kann je nach der Form im längsten Durchmesser den der ursprünglichen Kugel um mehr als das 5fache überschreiten. So gut man die Spectra bei zunehmender Abplattung beobachten konnte, so wenig gelang dies während der Rückkehr zur alten Form.

Ungemein leicht sind die Zapfenkugeln in noch höherem Grade abzuplatten oder auszuwalzen, indem man von einer nicht zu dünnen größeren Glimmerplatte die obere Fläche an einer Ecke in Deckglasdicke abhebt und die Netzhautemulsion während des Aufspaltens zwischen die frisch gebildeten Flächen treten läßt. In der am weitesten vorgetretenen dünnen Flüssigkeitszunge zeigen sich dann die Kugeln schon ohne Ausübung besonderen Druckes abgeplattet und vollends werden sie in jeder beliebigen, selbst zu großen Verdünnung gefunden, nachdem man das Glimmerstück mit einem Tuchballen kräftig streichend gepreßt hat. Dasselbe Verfahren schlägt, obschon nicht so ergiebig auf einem gewöhnlichen Objectträger mit einem großen, biegsamen Deckglase an, ohne jedoch Vortheile zu gewähren, da die Unebenheiten der Glimmerbedeckung besonders bei Immersionssystemen kaum nachtheilig sind.

Ein drittes sehr zu empfehlendes Verdünnungsverfahren besteht in der Umwandlung der Zapfenkugeln in kleine Seen mit ebener Oberfläche, die man leicht durch Einlegen gut mit concentrirtem Glycerin durchtränkter und fein zerzupfter Netzhautstückchen in einen Tropfen Oel erzielt. Es dient neben den Pressungen ohne lösende Zusätze zum Beweise, daß die fetten

Oele nichts an den genuinen Farbstoffen ändern und hat den Vorzug, alle rothen Kugeln ohne Zertheilung auszudehnen. An diesen Objecten ist jeden Tag neues zu sehen, da sich die Farbenflecke unter der Last des Deckglases ganz allmählich vergrößern und blasser werden, an manchen Stellen auch zusammenfließen unter Bildung lehrreicher Mischfarben, was durch Druck mit der Nadel zu beschleunigen ist. Auffallender Weise sind es hier die gelben und gelbgrünen Kugeln, welche Neigung zum Zerfallen zeigen, obwol in anderer Weise, als die rothen durch Druck, indem sich nämlich diffuse Flecke mit eingestreuten intensiver gefärbten Körnchen von unregelmäßiger Gestalt in den nächstliegenden Retinaresten bilden. Um es zu vermeiden, habe ich versucht die wässrigen oder Galle enthaltenden Netzhautemulsionen auf dem Objectträger antrocknen zu lassen und nachher mit Oel zu befeuchten: die Kugeln wurden in diesem Falle aber entweder zu rasch aufgelöst, oder sie widerstanden der Lösung ganz, wenn das Deckglas nicht umhergeschoben wurde. Beiläufig mag bemerkt werden, daß die Zapfenkugeln wol nicht so structurlos sind, wie man glaubt, und auch nicht ausschließlich aus Fetten und Chromophanen bestehen, da gegen ersteres das körnige Zerfallen der gelben Kugeln und das Zurückbleiben kleiner Scheibchen oder Ringe mit röthlichem Interferenzglanze, das man an Stelle jeder angetrockneten, später mit Oel genügend behandelten Kugel findet, gegen letzteres die im Vergleiche zu den Fetten etwas größere Vergänglichkeit in concentrirter Galle spricht. Die rothen Kugeln hinterlassen nach dem Antrocknen häufig von pigmentreichen Wülsten gebildete Ringe, mit einem kaum gefärbten körnigen Centrum.

Unschwer erkennt ein farbenkundiges Auge in der Regel das Herkommen auch der blassesten und am weitesten abgeplatteten Zapfenkugeln: die gemischten Tropfen an einer eigenthümlichen Orange-chamoisfarbe, die gelben und gelbgrünen als Verdünnungen

des Xantho- und Chlorophans. Nur bei den rothen Kugeln bedarf es längerer Erfahrung: ein Theil geht sehr entschieden zum Orange, so daß man nur aus der Sättigung unter Berücksichtigung der Größe auf das ursprüngliche Roth schließen kann, während ein anderer Theil mehr in's Chamoisfarbene schlägt. In diesem Falle gestattet erst die Betrachtung des Spectrums Unterscheidung von Mischtropfen.

b. Bemerkungen zur Mikrospectroskopie.

Als ich mich ungünstig über die Construction der käuflichen Mikrospectralapparate aussprach, hatte ich zwei Punkte im Sinne, auf die ich jetzt näher eingehe, in der Hoffnung Anregung zu Verbesserungen zu geben, derer das für die Gewebsanalyse überaus wichtige Instrument ohne Frage bedarf, um allgemeinere Verwendung als bisher zu finden. Im Laufe der vorliegenden Untersuchung haben sich noch zahlreiche weitere Mängel ergeben, die ich um so mehr hervorzuheben habe, als die Zähigkeit des Utrechter Lobes, das auch von den selbstbemängelten ältesten Constructionen nicht lassen will, dem Fortschritte nur schaden kann.

Meine Einwendungen betrafen Folgendes: 1. die Schwierigkeit, das Bild kleiner Objecte im Spalte bei dem umständlichen Wechsel des Oculars und dem Aufsetzen der Prismen eingestellt zu erhalten, 2. die der Bildgröße entsprechende geringe Breite (Höhe) des Spectrums. Den ersten Fehler erwähnt auch Herr *Wälchli* ausdrücklich und er ist durch die *Zeiss*'sche Einrichtung, welche die Prismen sammt den Vorkehrungen für die Scala und das Vergleichsspectrum einfach über das Ocular zu schwenken und darauf zu fixiren gestattet, gehoben, während der zweite Punkt unbeachtet blieb. Von welcher Bedeutung derselbe ist, wird sich zeigen.

Um zu wissen, was von dem neueren *Zeiss*'schen Instrumente zu erwarten sei, dessen Ausführung wie ich kaum zu sagen brauche, dem hohen Rufe der Werkstatt, aus der es hervorge-

gangen, ganz entspricht, habe ich einige Farbstofflösungen und vornehmlich unsere Fettpigmente in leicht veränderlicher Schicht damit untersucht. Das wegen seiner allgemeinen Anwendbarkeit für Untersuchungen kleiner Substanzmengen an sich vielleicht willkommene Verfahren war dieses: Durch die Oeffnung im Tische eines älteren pankratischen Mikroskops von *Oberhæuser* wurde das zur Aufnahme der Lösung bestimmte, unten plan geschlossene Röhrchen so tief eingesenkt, als es ohne Behinderung der Spiegelbewegung anging. Das Röhrchen erweiterte sich oben zu einem cylindrischen Trichter, der die beim Eintauchen eines Obturators bis auf den Boden größtentheils verdrängte Flüssigkeit aufnimmt. Der Obturator besteht aus einem etwas engeren, unten ebenfalls platt zugeschmolzenen längeren Röhrchen, das zur Abhaltung allen durch seine Wände eintretenden Lichtes in der Achse mit einem nur von einem dünnen Luftmantel umgebenen, am Boden durch eine Spur Canadabalsam in dem Röhrchen befestigten Stäbchen aus weißem Glase erfüllt ist. Am oberen Ende ragt der Glasstab etwas über die Mündung heraus und ist daselbst durch undurchsichtigen Lack fixirt, der auch den ringförmigen Röhrenquerschnitt überzieht. Indem man den Obturator an Stelle des Objectes lichtdicht in den Tubus einsetzt und sein herabgehendes Ende mittelst Zahn und Trieb am Körper des Mikroskops in der Lösung auf- und niedergehen läßt, dringt das Licht zum Tubus durch Flüssigkeitsschichten von verschwindender Dicke bis zu einer von 50 mm und mehr. Für manche Zwecke ist es unnöthig ein Bild der oberen ebenen Obturatorfläche zu erzeugen und setzt man das Spectroskop einfach auf das Ocularende des Tubus, während für andere Fälle das mittlere Diaphragma im Tubus mit einem schwachen Linsensysteme (Nr. 4 von *Oberhæuser*) versehen und so fixirt wird, daß man mit dem Ocular unter allen Umständen ein Bild der Obturatorfläche sieht. Das kleine Chromoskop kann begreiflich so eng gemacht werden, als der Obturator

zu verschmälern ist; an meiner Einrichtung hat das mit der Lösung auszufüllende Lumen 3 mm Durchmesser, bei 60 mm Länge; ich zweifle aber nicht, daß das Röhrchen fast capillar gemacht werden kann, falls der Obturator sich zu einem bloßen Glasfaden vereinfachen ließe, vielleicht indem man die Oberfläche mit Ausnahme der Endflächen undurchsichtig platinirte. Daß der häufig in Flüssigkeiten von hoher Brechung tauchende Obturator durch seinen Cylindermantel kein Licht empfangen darf und ohne die genannte Construction zuviel durchläßt, falls er z. B. nur aus einer am oberen Rande geschwärzten Röhre besteht, haben mich viele Proben gelehrt, trotzdem die Beleuchtung ausschließlich durch den Boden des Chromoskops geschah. Uebrigens gestattet die jetzige Einrichtung schon concentrirtere Lösungen in kleinster Quantität zu untersuchen, da man nur einen Tropfen an den Obturator zu hängen braucht.

Abgesehen von einigen noch zu erwähnenden, später entdeckten Mißständen, brachte die Einrichtung alle Absorptionserscheinungen zur Anschauung, welche im besten Falle von einem homogenen mikroskopischen Objecte zu erwarten sind, das groß genug ist, um mit hinreichend starken Systemen ein die ganze Spalthöhe oder einen größeren Theil derselben deckendes Bild zu geben; das Spectrum wurde in seiner ganzen Höhe von den Absorptionsstreifen durchzogen, deren Lage an der Scala und durch die scharf sichtbaren *Fraunhofer*'schen Linien zu bestimmen war. Bei histologischen Untersuchungen wird dieser Fall jedoch selten vorkommen; vielmehr wird es sich um Verhältnisse handeln, die wir an unserer Einrichtung nachahmten durch Verkürzung des Spaltes etwa bis auf halbe Höhe und Benutzung fast des ganzen offen gebliebenen Restes für das Vergleichsspectrum, an dessen unterer Grenze dann nur eine kleine viereckige Oeffnung zum Durchtritte der aus dem Chromoskope kommenden Strahlen übrig blieb. Jetzt war das Absorptions-

spectrum fadenartig schmal, wie das einer unveränderten Zapfenkugel, z. B. nach unten dunkel, nach oben durch das Vergleichsspectrum begränzt. In unerwartetem Grade sah man darin die vorher scharf bestimmbar gewesenen Absorptionsstreifen weniger deutlich hervortreten und ich habe geübte Beobachter durch das Erscheinen ungeahnter Absorptionsstreifen überrascht, indem ich sie einfach durch Abstellen des kleinen Reflexionsprismas, welches das Vergleichsspectrum producirt, den Spalt verlängern und das Absorptionsspectrum erhöhen ließ. Ohne Zweifel ist das Vergleichsspectrum der Entdeckung schwieriger erkennbarer Absorptionsstreifen hinderlich, weil schwächere Verdunkelungen zwischen den Streifen, durch Contrast mit gleichzeitig helleren Regionen eines benachbarten Spectrums, zu dunkel erscheinen; in unserem Falle kann man sich daher leicht so einrichten, daß die Streifen plötzlich bemerkt werden, wenn das Vergleichsspectrum durch Verschluß der seitlichen Lichtöffnung des Apparats ausgelöscht wird. Es bleibt dann nichts als das fadenförmige Spectrum auf überall dunklem Grunde sichtbar, das bei jeder Untersuchung producirt und zuerst genauer betrachtet werden sollte, weil es in der That sog. Discontinuität am besten wird entdecken lassen. Immer aber bleibt auch diese günstigste Beobachtungsart ein schwacher Nothbehelf, denn es ist eine Kleinigkeit das Mikrochromoskop so einzustellen, daß die Streifen bei voller Höhe des Spectrums bestimmter sind und in dem gleich darauf bis auf 4 mm Höhe (bei 25 Ctm. Sehweite projicirt) reducirten fast spurlos verschwinden. Diese Beschaffenheit des Spectrums der meisten mikroskopischen Objecte ist jedenfalls bis heute der Grund der geringen Verwendung der Mikrospectralapparate gewesen und als ein Fehler zu bezeichnen, da Streifen, die sich sonst als hohe, die Spectralfarben überschneidende dunkle Pfeiler aufdrängen, in dem fadenförmigen Bilde als diffuse Flecke kaum sinnfällig werden. Man kann daher wol behaupten, daß die höchst unzweifelhaften Ab-

sorptionstreifen der Fettpigmente mikrospectroskopisch nicht entdeckt worden wären, ohne es übrigens entschuldigen zu müssen, daß die der Chromophane damit nicht wiedergefunden wurden.

Soweit ich es ohne die Hülfe eines optischen Technikers vermochte, habe ich den Nachtheil der niedrigen Mikrospectra zu heben versucht, indem ich einen größeren gewöhnlichen Spectralapparat mit total reflectirendem Prisma vor dem Spalte an die Stelle des *Amici*'schen Prisma's setzte und von dem *Zeiss*'schen Instrumente nur das Ocularcollectiv sammt dessen Spalt beibehielt. Ein Concavglas oder eine Cylinderlinse verwandelte dann das kleine Bildchen in einen farbigen Lichtstreif, dessen Spectrum die ganze Höhe des Sehfeldes einnahm und bei guter Sonne sofort Streifen sehen ließ, welche zuvor in dem fadenförmigen Spectrum nicht entdeckt werden konnten. Die Unvollkommenheit der mechanischen Einrichtungen gestattete die Anwendung indeß nur am Chromoskop, nicht an den schwieriger einzustellenden mikroskopischen Objecten.

Ich komme zu einem weiteren, wesentlich mit der Applicationsmechanik der Mikrospectralapparate zusammenhängenden Punkte, der aus der Verborgenheit, worin man ihn gelassen, hervorzuziehen ist, um schon bestehende Differenzen aufzuklären und neue zu verhüten. Ich meine die Focaleinstellung, die natürlich da kaum zu beherrschen sein wird, wo die Einstellung des Objectes zum Spalte schon so schwierig ist, wie an den älteren Instrumenten. Die Angelegenheit ist auch erst seit dem Gebrauche der *Zeiss*'schen Vorrichtung berührt worden.

Hat man es mit den überwiegend in Frage kommenden Objecten, wie den Zapfenkugeln, Fetttropfen, Krystallen und Pigmentkörnern zu thun, deren Brechung von der des umgebenden Mediums sehr verschieden ist, so erhält man Bilder, welche denen eines quer zum Spalte vor- und rückwärts bewegten farbigen Glasstäbchens oder einer mit stark brechender Pigmentlösung gefüllten

Röhre ähnlich sind. Am vollkommensten wird das Bild mit dem gewöhnlichen Spectralapparate nachgeahmt durch eine mit unsern Pigmenten gefärbte Oelschliere zwischen zwei naß aufeinander gelegten Glasplatten. In Rücksicht auf die vorhandenen Beobachtungen an den Zapfenkugeln kommen hauptsächlich zwei Einstellungen in Betracht: die von *Talma* und die von *Wälchli* gewählte. Entweder wird ein Bild erzeugt mit breiten dunklen Säumen, dann erhält man das von *Talma* beschriebene Spectrum „mit dunklen Rändern" im nicht verdunkelten Theile von „ovaler" Gestalt, oder es steht der größte Durchschnitt des Objectes genau im Focus, wie bei Herrn *Wälchli* und das Absorptionsspectrum ist oben und unten durch je eine feine, namentlich in den hell gebliebenen Regionen scharfe Linie begränzt. Diese Einstellung ist die richtige, weil nur sie den Anfang der Absorption gradlinig, den *Fraunhofer*'schen Linien parallel begrenzt zeigt, im Gegensatze zu *Talma*'s „ovaal", das den Anfang nicht annähernd genau zu bestimmen erlaubt. Nach meinem Gefühle hätte Herr *Wälchli*, der die *Talma*'sche Arbeit als Richtschnur aufstellte, dies sagen müssen, schon um die Differenzen, in die er selber mit ihr in Folge der Verbesserung des Fehlers gerieth, zu erklären. Indem er es unterließ und auf den *Browning*'schen Apparat, dem ich die ganze Schuld beimaß, nichts kommen lassen wollte, wälzte er in den Augen seiner Leser, welchen er die von mir berührten Mängel des Instruments als „angebliche" bezeichnete, einen Vorwurf auf Herrn *Talma*, den ich diesem gern erspart hätte. Ohne Zweifel beruhen die beträchtlichen Differenzen über den Anfang der Absorption bei den orangen bis gelbgrünen Kugeln zwischen den Utrechter Autoren fast ausschließlich auf der verschiedenen Einstellung, ebenso die von *Talma* immerhin als Regel angegebene, obschon schwache Beschattung des Roth durch die grünlichen Kugeln, welche *Wälchli* nur in einem Falle bestätigt fand.

Immerhin bleibt es an unserem Objecte eine Schwierigkeit die Focaleinstellung während der Beobachtung richtig zu erhalten; um die Beugungserscheinungen möglichst einzuschränken ist es vortheilhaft, die Kugeln mit annähernd gleich brechenden Medien, z. B. mit Glycerin, Lösungen von Chloralhydrat in Glycerin[1]) oder mit fetten Oelen zu umgeben.

c. Das Spectrum des *Zeiss*'schen Apparats.

Aus dem Abdrucke der Scala und aus den Angaben über die Ausdehnung des Spectrums in der *Wälchli*'schen Publication waren einige der *Zeiss*'schen Einrichtung angehörige, für unsere Zwecke besonders unerwünschte Eigenschaften fast vorauszusehen. Spectra von dieser relativen Ausdehnung der Regionen *D—F* und *F—h* pflegen durch Prismen aus schwerem Flintglase erzeugt zu werden, welches bekanntlich die brechbareren Strahlen beträchtlich absorbirt. Als ich das Spectrum mit eigenen Augen sah, war ich darum weniger überrascht von der geringen Intensität des blauen und violetten Theiles, als von dem Gebrauche, den Herr *Wälchli* davon gemacht hatte. Ohne direktes Sonnenlicht oder bestes Tageslicht konnte hier an das Auffinden der Chromophanstreifen garnicht gedacht werden; und Herr *Wälchli* benutzte das Instrument mit jeder Art Beleuchtung, ja er bediente sich des an kurzwelligem Lichte besonders armen Gaslichtes und führte sogar Messungen, seine sämmtlichen Messungen damit aus. Zu der Unterlassung gehöriger Verdünnungsversuche des zu concentrirten Objectes fügte er dieses hinzu. Hätte er nur ein Huhn geopfert, um sich die Alkohol- oder Aetherlösung der gemischten Chromophane zu verschaffen, und nur beachtet, daß sowol *Capranica*, wie *Ayres* und ich auf Sonnenlicht drangen,

---

[1]) Diese Lösung erweicht und zertheilt die Zapfenkugeln nach einiger Zeit ähnlich den fetten Oelen und verändert die Farbstoffe nach und nach unter Hinterlassung einer gleichmäßigen tiefen Rosenfarbe.

um unter den so viel günstigeren Verhältnissen gewöhnlicher spectroskopischer Beobachtung die Streifen zur Anschauung zu bringen, so hätte er den Versuch aufgegeben, dieselben mit seinen Hülfsmitteln zu erkennen, oder gar zu bestreiten. Wie lästig das Abwarten genügenden Tageslichtes auch war, wir sind nach den ersten Erfahrungen gänzlich von dem Gebrauche künstlichen Lichtes zurückgekommen. Aber Herr *Wälchli* wird sich auf einige Beobachtungen, die er wirklich mit Sonnenlicht anstellte, berufen, oder auf die vortreffliche *Koch*'sche Beleuchtungsmethode kleiner gefärbter Körper, deren Vortheile er nutzte, indem er den *Abbe*'schen Condensor ohne Blendungen verwendete. Ich finde nicht, daß dies genug sei, denn wo die Sonne genügt, das Spectrum bis *h* gehörig zu erhellen, läßt die Blendung durch das Licht von *D*—*E* weiter rechts keine scharfe Beobachtung zu, es müßte denn der Spalt bis zur Milderung des Gelbgrün verengt werden, wodurch das Blau und Violett abermals zu dunkel werden. Ich habe nur zwei Mittel gefunden diesem Uebelstande abzuhelfen, indem ich entweder das engste Diaphragma unter den Condensor brachte, das Präparat auf einem an der Unterseite in sehr feinem Korn mattgeschliffenen Objectträger ausbreitete, oder, falls es sich zwischen Glimmerplatten befand, mit diesen auf das Mattglas legte, oder indem ich flach geschliffene, mit Kupferoxydammoniak verschiedener Concentration gefüllte Fläschchen unter dem Codensor befestigte[1]).

Durch einen eigenthümlichen Umstand kam ich auf einen weiteren Fehler des Flintspectrums, der fast zum Aufgeben des Zieles unserer Untersuchung nöthigte und mich leider noch mehr auf die kritische Position gegen Andere, die den Fehler nicht bemerkten, verweist. An den gepressten oder in Oel erweichten Zapfenkugeln war es zwar bald gelungen die für die einzelnen Chromophane wesentlichen Absorptionsstreifen aufzufinden, aber

[1]) Auch eine mit der Kupferlösung gefüllte Keilflasche, die vor der Heliostatenöffnung verschoben wurde, that gute Dienste.

es war mir aufgefallen, daß das Maximum des einzigen Streifens des Xanthophans und des ersten des Chlorophans erheblich weiter nach links gerückt auftrat, als selbst in den Oellösungen der beiden chemisch isolirten Pigmente. In der Meinung, daß die Zapfenkugeln außer den Fetten noch gewisse auf die Dispersion wirkende Körper enthielten und nachdem ich bereits Cholesterin, Lecithin, Protagon in Oel gelöst mit negativem Erfolge bezüglich einer solchen Wirkung geprüft hatte, ersah ich aus den in meinen Zeichnungen enthaltenen Notizen, die ich absichtlich gewöhnlich fortgelegt hatte, um jede neue Notirung möglichst unbefangen auszuführen, daß alle Zeichnungen die Maxima kurz vor *F* nach *b* hin, nahezu an derselben Stelle aufwiesen, und nicht nur die der orangen und gelbgrünen Kugeln, sondern auch die der rothen, bei denen also keine Verschiebung stattgefunden hatte. Ich stellte daher neue Oellösungen der drei Chromophane her und untersuchte dieselben sowol im Mikrochromoskop mit dem *Zeiss*'schen Apparate, wie von neuem mit dem *Kirchhoff*'schen in größeren Gefäßen. Das Resultat war eine constante Differenz zwischen beiden Apparaten und am Mikrospectralapparate völlige Uebereinstimmung der künstlichen Lösungen mit dem natürlichen, (ohne Oelzusatz) gepreßten Objecte der Zapfenkugeln. Indem ich dann mit dem *Zeiss*'schen Vergleichsspectrum arbeitete, also das spectrale Sehfeld nicht mehr bis auf den Durchmesser der zerpreßten Kugeln einschränkte, wurde mir klar, daß das Spectrum zwischen *b* und *F* unter allen Umständen einen dunkleren Streifen darbot, der jede schärfere Bestimmung einer hinzukommenden Absorption in dieser Region vorerst unmöglich machte. Ich vermag nicht sicher zu sagen, durch welche Ursachen die Erscheinung bedingt sei, denn es giebt deren vermuthlich mehrere. Nicht aufgelöste Gruppen *Fraunhofer*'scher Linien können solche Schatten darstellen, aber die Erscheinung ist bei Lampenlicht mindestens nicht undeutlicher; dagegen wäre

eine locale Absorption durch das Flintglas möglich und außerdem kommt der jähe Wechsel der Intensität des Lichtes vor *b* und hinter *F* in Betracht, der schon bei Prismen aus leichtem Flint groß genug ist um die fragliche Region zu einer des Contrastes wegen unbequemen bei der Bestimmung in sie fallender Absorptionsstreifen zu machen.

Man kann auch die Möglichkeit einer Betheiligung des gelben Pigmentes der Macula lutea, das Lipochrin oder Lutein sein dürfte, nicht ausschließen und wird darüber vielleicht noch entscheiden[1]; daß aber der plötzliche Helligkeitswechsel den größten Einfluß hat, bezweifle ich nicht, weil der Schatten des *Zeiss*'schen Spectrums fast verschwindet durch Abblendung mit Kupferoxydammoniak von solcher Concentration, daß das Spectrum direkten Sonnenlichtes bei weiterem, die *Fraunhofer*'schen Linien übrigens erkennbar lassendem Spalte, von λ 0,62 — λ 0,40 μ, bei engerem Spalte, von λ 0,56 — λ 0,41 sichtbar und von *E—F* noch sehr hell bleibt, obgleich in dieser Region gemildert und mit der Intensität der hinter *F* gelegenen besser ausgeglichen. Ist dies die richtige Erklärung, so wird sie auch auf den bekannten Irrthum anzuwenden sein, den man regelmäßig und immer in bestimmtem Sinne begeht bei Beurtheilung der Lage in der Nähe von *F* auftretender Absorptionsstreifen, wenn man Lampenlicht gebraucht, das besonders große Unterschiede der Helligkeit vom Grün zum Blau bietet.

Für unsere Zwecke ergab sich aus dem letzten Mißstande die Nothwendigkeit alle Beobachtungen mittelst blauer Blendungen zu controliren. Es ist Zeit die Prismen der spectroskopischen Oculare zu ändern, vermuthlich am besten, indem man

---

[1]) Bekanntlich sieht man häufig im Spectrum rechts von *D* einen schwachen, nicht grade diffusen Schatten, welcher ebenfalls entoptischer Natur sein und von dem Sauerstoff-Hämoglobin in unserm Auge herrühren könnte.

sie durch das *Wernicke*'sche aus Crownglas und Zimmtsäure-Aethyläther ersetzt, das bei noch größerer Dispersion viel weniger kurzwelliges Licht absorbirt[1]). Auf die grade Durchsicht könnte verzichtet werden, falls es zur Erhaltung der Füllung des Hohlprismas nöthig wäre.

Ueber die Länge des Mikrospectrums giebt die *Zeiss*'sche Scala Aufschluß; sie ist bei allen Apparaten, gleich und Herrn *Wälchli*'s Angabe des Anfanges bei λ 0,70 μ nur für gewisse Fälle gültig, da sogar die Linie *A* ohne Abblendung mit rothem Glase sichtbar ist, natürlich bei genügendem Lichte. Bei schwächerem Lichte und wo die Enden des Spectrums Absorption haben, entsteht dagegen eine gefährliche Unsicherheit, welche hier als letztes Bedenken gegen die zur Zeit angefertigten Mikrospectralapparate hervorzuheben ist.

Der Fehler ist z. B. mit Herrn *Wälchli*'s Zahlen zu belegen, obgleich der Autor nichts von derartigen Mängeln wissen will. Man lese, was er (l. c. S. 308) schreibt:

Rothe Kugeln:	I. vom Hahn.	II. der Ente.	III. Taube.	IV. vom Finken.
A. Durchmesser der Kugel	3,7—4	4,0	3—3,2	3—3,2 μ.
B. Anfang und Ende der Strecke schnell wachsender Absorption λ =	0,59—0,57	0,59—0,58	0,59—0,57	0,595—0,585 μ.
C. Ende des Spectrums bei λ	0,50	0,46	0,50	0,445 μ.

Während A bei I. und II. so gut wie gleich, bei II. und III. absolut gleich, ferner B überall nahezu gleich ist, finden sich im Ende des Spectrums, zwischen C I und C II Differenzen von 4 Wellenlängen, zwischen C III und C IV Differenzen von 6 Wellenlängen! Wenn man die Differenzen nicht auf gemischte oder nach der Species wechselnde Farbstoffe zurückführen will, und die Construction des Apparats fehlerhafte Willkühr der Ablesung ausschlöße, müßte auf den Gebrauch sehr wechselnden Lichtes geschlossen werden, aber das scheint durch den Zusatz ausgeschlossen, in dem Herr *Wälchli* sagt: „Zur «Beurtheilung der Zuverlässigkeit der Zahlenangaben

[1]) *W. Wernicke.* Neues Flüssigkeitsprisma für Spectralapparate. Zeitschrift f. Instrumentenkunde. Nov. 1881. S. 353.

sei erwähnt, daß Messungen, welche von verschiedenen Beobachtern zu ganz verschiedenen Zeiten (theilweise Monate auseinander) ohne Kenntniß der früheren Resultate gleicher Prüfungen angestellt wurden, absolut identische Resultate für die gleichen Objecte ergaben.“ Wünschenswerth wäre es freilich gewesen, Herr *Wälchli* hätte die sehr kostbare Methode sich „nach Monaten“ gleicher Lichtstärke zu versichern (oder brauchte er wirklich Lampenlicht bei λ 0,445 μ?) angegeben, ebenso die Spaltbreite, auf die es auch ankam. Ich bedauere, es sagen zu müssen: Herr *Wälchli* verschloß sich hier der Einsicht, daß seine Hülfsmittel nicht leisten konnten, was sie ihm durchaus leisten sollten. Es handelte sich nur um die Willkühr der Ablesung, und wir brauchen nicht weiter zu untersuchen, wie man damit nach Monaten zu gleichen Zahlen kam.

Ist das Spectrum so niedrig, wie das der meisten histologischen Objecte und nach oben und unten jedes Nebenspectrum abgesperrt, so hat man den günstigsten Fall für die Beurtheilung der Länge, die begreiflich mit der Spaltweite etwas wächst. Letztere constant vorausgesetzt, wird das Ende des Violett natürlich schärfer bestimmbar, sobald man zur schon bestehenden Absorption Ausschluß der längerwelligen Strahlen mittelst Kupferlösung bewirkt, aber ich habe es auch dann noch recht schwierig gefunden, die äußerste Grenze des Violett zu bestimmen, weil das Spectrum des Apparats eben ein virtuelles, durch Augen- und Kopfstellung auf der Scala verschiebbares ist.

d. Spectroskopie der Zapfenkugeln.

Nach den soeben aufgedeckten Fehlern des Mikrospectroskops um manche Erwartung gebracht, habe ich dasselbe zunächst verwendet, um mit eigenen Augen zu sehen, welche Erscheinungen unter den *Wälchli*'schen Angaben gemeint seien, und um zu erfahren, ob die Einrichtung unter günstigeren Bedingungen der Beleuchtung und Abblendung mehr enthülle, endlich es zu dem Versuche benutzt, die Chromophanstreifen durch Verdünnung des Objectes zum Vorschein zu bringen. Die im vorigen Capitel berichtete, zum Nachtheile des Apparates ausgefallene Controle mit den im Mikrochromoskop geprüften Pigmentlösungen mußte eine Be-

stimmung der Lage von Absorptionsstreifen zwar fast zwecklos erscheinen lassen; ich habe dieselbe aber mit Hülfe mäßiger Abblendungen durch ammoniakalische Kupferlösung durchzuführen versucht.

Aus Herrn *Wälchli*'s Darstellung ist nicht zu entnehmen, ob er gelegentlich auch ohne jegliches Nebenspectrum arbeitete. Um die Absorption im Allgemeinen zu übersehen, mochte dies nicht vortheilhaft sein, weil man dabei schwächere Beschattung zwischen stärkeren leicht verkennt; da es sich aber um die Entdeckung von Streifen handelte, also um jene charakteristischen optischen Wirkungen, die als besonders wichtige und ohne Intensitätsmessungen zu erfassende Erkennungszeichen chemischer Körper allgemein verwendet werden, so kam es weniger auf jene zwischenliegenden diffusen Absorptionen an und die Nebenspectra wurden besser entfernt. Vielleicht liegt in dem fortwährenden Gebrauche, den ich von der Methode neben der andern machte, ein Grund mancher der folgenden Abweichungen.

In keinem Falle war, um diesen Punkt erst zu erledigen, Absorption im Roth sicher zu erkennen, während dies Herrn *Wälchli*, wie mehrfach erwähnt werden mußte, in einem Falle gelang. Ich will damit nicht sagen, daß es überhaupt nicht vorkomme, sondern mich nur noch vorsichtiger aussprechen, als Herr *Talma*. Um über die schwierige Wahrnehmung einer Absorption im Anfange des Spectrums, wo die Linien *A*, *a*, *B* wie durch rauchende Gluth gezogen scheinen, etwas sicherer zu werden, blendete ich das übrige Licht durch tief rothe Gläser ab, unter denen ein Stück fast purpurnen Rubinglases aus einem alten Kirchenfenster vorzügliche Dienste leistete. Verwischung von *a* oder *B* oder Unterschiede der Farbe im Spectrum des Objectes und dem Nebenspectrum waren nicht zu erkennen, falls die Einstellung keine Beugungserscheinungen aufkommen ließ. Dagegen würde ich für Herrn *Talma*'s Einstellung vielleicht ein wenig

Verdunklung zugeben, dann aber nicht nur bei den blaßgrünen und gelbgrünen Kugeln, sondern bei fast allen, höchstens mit Ausnahme der rothen.

Spectra unveränderter Zapfenkugeln.

1. Rothe Kugeln. Den Anfang der Absorption fand ich bestätigend bei 59,5—58 [1]), wenige noch zu erörternde Fälle abgerechnet, rasch bis 57 oder 56 steigend, die Beschattung beträchtlich abnehmend von 55—52, wieder rasch steigend bis 49 und 48, dann abnehmend, so daß blaues Licht mindestens bis 43,5 aufleuchtete. Ueber den letzteren Umstand bin ich nach zahlreichen mit Sonnenlicht und Abblendung durch Kupferlösung angestellten Beobachtungen außer Zweifel, trotz der Schwierigkeit der Ablesung, indem ich diese durch möglichst axiale Blickrichtung zu sichern strebte und durchaus nicht die entfernteren Punkte der Scalentheilung bis wohin der violette Schimmer bei schiefer Kopfhaltung zu treiben war, notirte. Daß die Absorption bei *F* total sei, behaupte ich nicht, aber daß daselbst ein Maximum liege, wird Herr *Wälchli* noch selber bestätigen, obgleich seine auf Messungen begründete Curve (l. c. S. 314) davon nichts zeigt. Um Mißbrauch zu verhüten, der mit dieser und der andern (l. c. S. 315 von einer orangefarbenen Kugel) Curve des Autors wegen des Anscheines der exacten Basis von Messungen getrieben werden könnte, ist zu erwähnen, daß für erstere nur drei, für letztere nur zwei Punkte bestimmt wurden und nirgends derjenige bei *F*, auf den es ankam: fast der ganze Verlauf ist also willkührlich dargestellt. Ich brauchte dies nicht einmal hervorzuheben, da die Messungen überdies mit dem für die fragliche Spectralregion ganz untauchlichen Lampenlichte und ohne jeden Versuch der Abblendung benachbarter Regionen angestellt sind,

---

[1]) Die Zahlen bedeuten sämmtlich λ in Hunderttausendsteln von 1 mm.

ein Verfahren, das Niemand rechtfertigen kann, der die jetzigen Methoden der Absorptionsanalyse kennt. Unsere mit Sonnenlicht an den rothen Kugeln und im Mikrochromoskop an concentrirteren Lösungen des Rhodophans in Oel vorgenommenen Vergleichungen lassen keinen Zweifel mehr an der Uebereinstimmung dieser beider Objecte bezüglich des Maximums bei *F* und des Restes kurzwelligen Lichtes bis 43,5 aufkommen.

Dagegen ist, gewisse Fälle abgerechnet, das Spectrum der rothen Kugeln scharf von dem aller Rhodophanlösungen unterschieden durch den Besitz eines andern Streifens, der es zu einem auch im Utrechter Sinne eminent discontinuirlichen macht. Dies ging für Unbefangene schon aus Herrn *Wälchli*'s Curven (l. c. S. 314 und Taf. XII. Fig. 1 *a*) hervor und wird dort durch eine ausnahmsweise entscheidende Messung belegt, insofern die Verdunklung an der richtigen Stelle und in einer Region (57) bestimmt wurde, wo das Lampenlicht genügte. Man braucht in jenen Abbildungen nur eine Parallele zur Abscise im Niveau der Senkung neben dem verzeichneten Buckel zu ziehen, um einzusehen, daß Verdünnung des Absorbenten einen Streifen hervortreten lassen werde, an dessen beiden Seiten höchst wahrscheinlich sogar ganz freie Spectralregionen stehen würden. Indeß das unglückliche Schlagwort vom „continuirlichen Spectrum", das es den Chromophanen anthun sollte, hat Herrn *Wälchli* um diese Erkenntniß und um die schwerste Waffe gebracht, die es einstweilen gegen uns zu schmieden gab. Obgleich die Rhodophanabsorption leicht über *D* hinaus zu treiben ist und dann so steilen Anfang zeigt, daß man der bekannten Täuschung verfällt, von der nächsten Verdünnung das Hervortreten eines scharfen Grenzstreifens zu erwarten, so läßt blaue Abblendung durch solche gesättigte Lösungen keineswegs kurzwelliges Licht erkennen, wie bei den rothen Kugeln und die Ocularblendung ebensowenig wie die nächste noch so vorsichtig gesteigerte Verdünnung, durch welche vielmehr

nur der allmählich von *F* bis etwa 53 verlaufende Schatten zum zum Vorschein kommt, keine Helligkeit·bei *E* erkennen.

Dieses ganze merkwürdige Verhalten und das dafür belangreiche Vorkommen sehr vereinzelter tief rothoranger, nur von Rhodophan gefärbter Kugeln, denen Herr *Wälchli*, ahnungslos freilich, auch begegnete, wird in dem Abschnitte über die verdünnten Kugeln verständlich werden.

2. Orange bis rein gelbe Kugeln. Den Anfang der Absorption sah ich zwischen 52,5 und 50 schwankend, um so steiler ansteigend, je weiter er nach links lag. Das erste Maximum lag in allen Fällen ein wenig vor *F*, etwa bei 49,5, so daß in dieser Gegend ein deutlicher dunklerer Fleck oder Streif erschien, falls der Anfang 51 nicht überschritt. Das Ende schwankte von 47,5—44,5 und rückte jeweils mit dem Anfange zugleich nach rechts, obschon nicht in demselben Maße.

3. Gelbgrüne bis blassgrüne Kugeln. Die Absorption begann in einzelnen Fällen schon bei 51, gewöhnlich bei 50, nahm immer langsamer zu als bei den orangen Kugeln und erreichte ein Maximum bei 49, das Ende bei 42,5—43. Zuweilen war ein localisirter dunklerer Fleck bei 45—46 zu erkennen, das erste Maximum dagegen allgemein durch einen solchen oder einen kaum zweifelhaften Streifen etwa bei *F*, (nicht vor *F*) ausgezeichnet. Beginn der Absorption erst bei 47, selbst 46 wurde von einigen sehr blassen Kugeln beobachtet, zunächst schneller ansteigend, als es Herr *Wälchli* in seiner Fig. 3 *a* abbildet und mit dem Ende des Lichtes erst bei 42. In diesen Fällen besonders wurde der weniger brechbare Theil des Spectrums von *F* bis *a* mit dem Nebenspectrum verglichen, aber niemals Beschattung bemerkt, weder im rothen Anfange, noch zwischen *D* und *E*.

Für alle Arten der Zapfenkugeln ergeben sich also beachtenswerthe Andeutungen localisirter Maximalabsorptionen im Verlaufe der Beschattung und zwar für alle Kugeln Andeutungen eines

Streifens in der Gegend von *F*, dazu für die rothen noch eines Streifens bei 57, für die gelbgrünen eines bei 45—46. Ob ich diese Andeutungen ohne Kenntniß der Chromophanspectra gefunden oder verstanden hätte, ist aus chronologischen Gründen nicht mehr oder höchstens hinsichtlich des neuen Streifens bei 57 zu entscheiden; ich darf denselben nicht nur zum Andenken an die gleich zu erwähnende merkwürdige Verkettung von Zufällen und Mißverständnissen den *Wälchli*'schen nennen.

Spectra gepreßter oder mit Oel verdünnter Zapfenkugeln.

Zum Verständnisse des Folgenden ist einiges über die Abstufungen der rothen und orangen Farbe sowol bezüglich der Kugeln als der Chromophanlösungen voraus zu sagen.

1. Das Rhodophan (vgl. S. 213) wird in ätherischer, schwach saurer und ammoniakalischer Alkohollösung, ebenso in Oel gelöst durch Verdünnen nicht rosa, sondern orange und gelb und nur in CS_2, Benzol, Terpentin lila bis rosa, in Chloroform rosa-chamois. Demnach fand ich meine frühere Annahme, die sich auf unsere ausschließliche Kenntniß der Benzol- und Terpentinlösungen oder auf das Aussehen schwer löslicher, stark mit Seifen gemischter Rückstände[1]) stützte, zu berichtigen: im reinen, von andern Pigmenten freien Zustande ist der Körper auch in der Retina nicht purpurn, sondern roth, wie die Oellösung. Seine rothen Lösungen in den erstgenannten Medien sind nur bei starker bis mittlerer Concentration, nicht im verdünnten Zustande oder in schwächeren Schichten durch das Auge direkt von Xanthophanlösungen geeigneter Sättigung zu unterscheiden, sondern es bedarf dazu ebenso wie zur Unterscheidung stärker gepreßter rother Kugeln von den orangefarbenen des Spectroskops. Wie

[1]) *Ayres* und ich hatten zwar auch (stark mit Eisessig) versetzte alkoholische und CS_2-Lösungen gelegentlich gesehen, jedoch von so vergänglicher, rasch gelb werdender Farbe, daß wir kein Gewicht darauf legten.

ich jetzt weiß, sind es nicht die mehr purpurnen Zapfenpigmente, welche mit der Farbe des Rhodophans (in Oelen) übereinstimmen, sondern grade die rein rothen.

2. Die Mehrzahl der rothen Zapfenkugeln, also die bekannten am intensivsten gefärbten, neigen unverdünnt zum Purpur oder Scharlachroth und stimmen erst nach stärkerer Abplattung mit den orangefarbenen Kugeln überein, während sie bei mäßiger Verdünnung noch direkt von diesen durch ein reineres Roth zu unterscheiden sind. Dagegen giebt es einzelne, im natürlichen Zustande reiner rothe, immer noch recht intensiv gefärbte Kugeln (beim Finken wahrscheinlich häufiger als beim Huhn), welche durch die geringste Verdünnung gleich in Orangeroth übergehen. Die letzteren Kugeln, welche ich „Rhodophankugeln“ nennen werde, während die andern „Rubinkugeln“ heißen mögen, sind zweifellos von Herrn *Wälchli* schon gesehen: er hat sie in der schwach gepressten, ausdrücklich als „röthlichorange“ charakterisirten Kugel (vom Finken) vor sich gehabt, deren Spectrum in seiner Fig. 1 *b* abgebildet ist. Beim Huhn fand ich sie selten, obwol in keiner Retina fehlend, gewöhnlich direkt kaum herauszukennen, aber durch den, für die jetzt in Frage kommende Spectralregion vollkommen ausreichenden *Zeiss*'schen Apparat sicher erkennbar. Das gegen die Rubinkugeln unterscheidende Merkmal besteht darin, daß ihre Absorption nicht bei *D*, sondern etwas später bei 58, selbst erst bei 55 und 54 anfängt und sehr allmählich steigt bis zum Maximum bei *F*, während die weite Ausdehnung des Lichtes, mindestens bis 43, den Verdacht, daß man es mit außergewöhnlich gesättigten Xanthophankugeln zu thun habe, ausschließt.

Endlich hebt die Beobachtung während oder nach der Abplattung der Kugeln jeden Zweifel, weil nun entweder zwischen 58—55 ein prächtiger Absorptionsstreif weit vor dem breiten sich nach *F* hin vertiefenden Rhodophanschatten zum Vorschein kommt, wie es gewöhnlich der Fall ist, oder indem sich von jenem

Wälchli'schen Streifen nichts zeigt, während der Anfang des Rhodophanschattens noch bis 54 selbst bis 58 allmählich verläuft.

Der Zufall hat es gefügt, daß Herr *Wälchli* wenigstens bei der ersten seiner beiden Beobachtungen gepreßter Kugeln (bei der zweiten ist es wegen der stärkeren Verdünnung nicht mehr zu entscheiden) grade auf eine „Rhodophankugel" stieß und es ist mir nur ein Vergnügen, das Paradoxon, in das ihn die an sich richtige Beobachtung fallen ließ, endlich aufklären zu können. Damit man den Autor nicht als Opfer der bekannten Täuschung vermeintlicher Streifen im Anfange rasch ansteigender Absorptionen betrachte, ist das wunderliche Resultat einer Farbenverdünnung, welche ein erstes bedeutendes Maximum total verwischte, während ein gleich darauf folgendes Minimum unverändert blieb[1]), näher zu erläutern. Was in Herrn *Wälchli*'s Fig. 1 *a* und 1 *b* zusammen begriffen ist, stellt nicht die successive Veränderung eines Spectrums, sondern den Erfolg der Verdünnung an verschiedenen Kugeln dar, deren ursprüngliche Verschiedenheit verkannt war. Da das Spectrum von 1 *a* als das einer rothen Kugel der Ente bezeichnet und das ursprüngliche Spectrum der abgeplatteten Kugel von 1 *b* (vom Finken) in Herrn *Wälchli*'s Arbeit nirgends aufzufinden ist, so setzt der Autor nur dessen Uebereinstimmung mit 1 *a* oder mit seiner Angabe (S. 308) über eine andere rothe, ungepreßte Kugel des Finken, welche die Sache übrigens noch schwieriger machen würde, voraus und geht über die Erzeugung des ersten neuen Maximums grade an Stelle des ursprünglichen ersten Minimums hinweg, als ob es sich von selbst verstehe. In Wirklichkeit findet eine solche Veränderung niemals statt, sondern das

[1]) Nur auf besonderes Verlangen würde ich mich entschließen, den kritischen Vergleich, den Herr *Wälchli* (l. c. S. 314) zwischen seinem Spectrum rother Kugeln und unserm Rhodophanspectrum versucht, zu beleuchten; derselbe ist gänzlich hinfällig, falls Herr *Wälchli* unsern Abbildungen der Chromophanstreifen nicht den Ausdruck totaler Absorption insinuirt.

Spectrum der Rubinkugeln verliert seinen Anfangsbuckel keineswegs, so lange die Absorption bis 58 oder 59 reicht und zeigt vielmehr einen überaus deutlichen Absorptionsstreifen von 56—58[1]).

Das wirkliche Resultat der Beobachtungen ist demnach: 1. es giebt „Rubinkugeln“ deren Spectrum 2streifig ist und sich aus dem des Rhodophans und dem eines andern Farbstoffs (Kyanophan?) zusammensetzt, 2. es existiren (reine) „Rhodophankugeln“ mit dem Rhodophanspectrum. An beiden ist nach genügender Verdünnung und falls das Spectralbild hoch genug ausfällt, das wolbekannte Rhodophanspectrum in jeder wünschenswerthen Deutlichkeit zu sehen, an dem ersteren auch ausschließlich, sobald der Kyanophanstreif ausgemerzt ist und die Absorption bei 55 etwa beginnt.

Ich hoffe Gelegenheit zu finden, dem Kyanophan weiter nachzugehen, da es mir bereits gelungen ist an einzelnen bläulichen Kugeln den *Wälchli*'schen Streifen als einzige Absorptionserscheinung zu erkennen.

Die Xantho- und Chlorophankugeln zeigen namentlich wegen der starken Vergrößerung nach gehöriger Pressung und der damit leicht zu erzielenden bedeutenden Erhöhung des Spectralbildes die den isolirten Farbstoffen zukommenden Streifen deutlicher. Ein Theil dieser Kugeln geht jedoch durch übertriebene Verdünnung für die Beobachtung verloren. Die Bestimmung der Streifenlage blieb übrigens immer schwierig, besonders die des zweiten Streifens des Chlorophans. Das Maximum des ersten Streifens schien bei einer Breite von 48—50 grade auf *F*, das des Xanthophans bei gleicher Breite auf 49 ein wenig vor *F* zu fallen

Sowol um die Lage der Maxima besser bestimmen, wie um die Streifen besonders an unverdünnten Objecten überzeugender zur Anschauung bringen zu können, und um der ganzen Peinlichkeit

---

[1]) Vergl. l. c. Taf. XII λ 57 Fig. 1 *a*, 1 *b* und λ 52 Fig. 1 *a*, 1 *b*.

der Mikrospectra ledig zu werden, habe ich schließlich ein neues Verfahren der Absorptionsanalyse kleiner Objecte versucht, das zugleich zu den wenig absorbirenden Prismen aus leichtem Flintglase, sowie zum Fernrohrbilde und den Vortheilen der Ocularblendungen zurückzukehren gestattete. Die Methode ist außerordentlich einfach: man verwandelt ein horizontal zu legendes Mikroskop mit *Abbe*'schem Condensor in ein Sonnenmikroskop, nimmt ein beliebiges starkes Objectiv, entfernt das Ocular und läßt das Bild in Entfernung von etwa 150 Ctm. auf den Spalt des kleinen *Kirchhoff*'schen Spectroskops fallen. Die Objecte werden, wie immer für direktes Sonnenlicht, auf unten mattgeschliffenen Objectträgern hergerichtet. Zum Auffangen und Einstellen des Bildes wird als Stirnwand vor dem Spectralapparate ein Bogen Schreibpapier angebracht, der an die unbewegliche Seite der Spaltvorrichtung festzukleben und mit einem schmalen Ausschnitte von der Höhe des Spaltes vor diesem zu versehen ist. Die Zapfenkugeln erscheinen darauf als zierliche, etwa $^2/_3$ der Spalthöhe deckende Bilder und im abgeplatteten oder verdünnten Zustande groß genug, um ohne Randtheile eingestellt werden zu können. Ein Nebenspectrum ist, wenn man es braucht, immer herzustellen, andernfalls durch ein undurchsichtiges neben das Bild fixirtes Blättchen auszulöschen.

Im Anblicke der neuen Spectralbilder habe ich nichts entbehrt, als das Vergnügen Herrn *Wälchli* davor stellen zu können. Während die Kugeln eines frischen Objectes langsam über den Schirm wanderten und den Spalt passirten, gaben sie die anmuthigste Darstellung sämmtlicher Spectra, in einer Weise, daß die stumpfen Streifenbilder des kleinen Mikrospectralapparates in unserer Erinnerung als trauriger Nothbehelf versanken. Kommt eine rothe Kugel, so steht der *Wälchli*'sche Streif zur rothen Seite scharf, zur andern diffuser begrenzt als mächtiger Pfeiler am Anfange des absorbirten Theiles, etwas hinter *D*, ungefähr $^1/_3$ des Raumes

von *D*—*E* einnehmend. Schöner wird die Erscheinung durch Abblenden mittelst des Ocularschiebers, wodurch die Begrenzung nach dem grünen Lichte schärfer ausfällt. Ueberall lag die weitere tiefste Verdunklung ziemlich genau bei *F* (wenn nicht ein wenig hinter *F*) und reichte zwischen den Blendcoulissen erkennbares kurzwelliges Licht bis zum letzten Drittheil der Strecke von *F*—*G*. — Die gesättigteren orangefarbenen Kugeln zeigten einfaches Abschneiden des Spectrums bei *b*, bis zum ersten $^1/_3$ von *b F* rasch ansteigend, und Erlöschen des blauen Lichtes am Anfange des zweiten Drittheils von *F G*; hellere, gelbe Kugeln etwas weiter gehendes Blau und einen diffusen Schatten, dessen Maximum ein breites Stück einnahm, jedenfalls rechts nicht über *F* hinausrückend. Die gelbgrünen Kugeln erzeugten fast alle zwei Schatten, jeder etwa zwei Wellenlängen einnehmend, der erste zu beiden Seiten von *F*, mit dem Maximum ein wenig nach rechts, der andere etwas näher an *F* als an *G*, übrigens sehr schwer genauer aufzufassen, während die Helligkeit sicher bis *G* reichte.

Verdünnung der Kugeln ließ namentlich den *Wälchli*'schen Streifen fast unerwartet gut begränzt und von der Rhodophanabsorption getrennt hervortreten. Entsprechend der viel sinnfälligeren Erscheinung der Streifen in dem hohen Fernrohrbilde sah man davon sogar noch Andeutungen, wenn die Rhodophanabsorption so hervortrat, wie in unsern Abbildungen verdünnter Oellösungen und wenn die Helligkeit selbst bis *h* reichte. Ueber die Lage der Maxima der Xantho- und Chlorophankugeln bin ich einstweilen noch nicht zu abschließenden Resultaten gekommen; es wird mir nur sehr wahrscheinlich, daß sie nicht völlig mit denen der Erdnußöllösungen zusammenfallen, sondern etwas nach links verschoben sind, woraus auf ein stärker dispergirendes Material dieser Kugeln zu schließen ist, das die natürliche Lösung der Pigmente herstellt.

Wir sind am Ende einer der ersten in der Chemie der

Zapfen entstandenen Aufgaben: die Identität der Chromophane mit den praeexistirenden Farbstoffen der Zapfenkugeln ist gesichert, ebenso der Nachweis, daß mindestens drei verschiedene Zapfenpigmente vorkommen und weder die Abneigung antihistologischer Chemiker gegen histochemische Erwerbungen noch das Grausen, das die Behandlung der zarten Retina mit siedendem Alkali erregte, werden daran etwas ändern, auch nicht in Gestalt Utrechter Unterweisungen in unserem *Graefe*'schen Archiv.

Heidelberg, 23. März 1882.

Zu Taf. V.

Erklärung im Texte. Fig. 18 *a—f* im nicht punktirten Theile nach *Capranica.*

1882

Zusatz.

Ueber Fettpigmente, Bilirubin und Hämatoïdin.

Es scheint mir nothwendig, hier Einiges über die viel erörterte Stellung des Luteïns zum Bilirubin anzuschließen.

Die Verwirrung über die natürlich vorkommenden gelben bis gelbrothen thierischen Pigmenten ist nachgrade so groß geworden, daß selbst diejenigen darin befangen bleiben, die sie radical zu bekämpfen meinen. Herr *Maly* schreibt z. B. (l. c. S. 3), *Holm* habe gezeigt, daß die „sog. Hämatoïdinkrystalle apoplectischer Cysten“ keinesfalls aus Bilirubin beständen, ebensowenig die Pigmentkrystalle der corpora lutea — und auf derselben Seite (unter dem Texte), er meine mit dem Farbstoffe der corpora lutea „nicht das Hämatoïdin (apoplectischer) Cysten“, da *E. Salkowski* daran alle Eigenschaften des Bilirubins gefunden habe. Hiermit wird die alte von *Holm* angerichtete Verwirrung wiederholt: was Herr *Maly Salkowski* zuschreibt, war schon 7 Jahre früher und 5 Jahre vor *Holm* von *Jaffe* an einer apoplectischen Narbe des Gehirns erwiesen und *Holm* (Journ. f. pract. Chemie. Bd. 100 S. 142) hatte zu der Ignorirung des *Jaffe*'schen Befundes nur noch den Fehler gefügt, seine eigene Beobachtung über das Grünwerden des Chloroformextraktes apoplectischer Narben, das den Unterschied des Hämatoïdins und des Luteïns, da es an letzteren nicht vorkommt, ohne Weiteres belegt, zu unterschätzen. Viele sind dann durch *Holm*'s irrthüm-

liche Berufung auf die Abbildungen der Hämatoïdinkrystalle in *Funke*'s Atlas getäuscht worden, denn in Wahrheit beziehen sich diese bekannten Abbildungen nicht z. Th. auf Objecte aus dem Corpus luteum, wie *Holm* sagte, sondern auf einen Amputationslappen und auf einen Echinococcussack der Leber (Taf. VI Fig. 2 und 3); ja in dem ganzen Atlas kommt überhaupt kein Object aus dem Corpus luteum vor.

Angeblich um dem so geschaffenen Wirrwarr zu steuern, entstand darauf die Tendenz den Namen Hämatoïdin aus der Welt zu schaffen: die *Virchow*'chen Krystalle sollten in allen Fällen etwas anderes als Bilirubin gewesen sein und es wurde dazu die Anleihe beim Luteïn gemacht, obgleich dessen Krystallform von Anfang an hätte davor warnen sollen, welche sonstige Qualitäten es auch zum Wechselbalge haben mochte. Vielleicht hätte man sich ohne jene Tendenz sachgemäßer bemüht, nachzusehen, ob nicht beide Körper an derselben Stelle auftreten können, oder ob nicht unter dem Namen Hämatoïdin in einigen Fällen zwei auch in der Krystallform verschiedene Körper beschrieben worden seien. Nach Herrn *Maly* wäre dies gewöhnlich der Fall gewesen, etwa wie auf S. 3 seiner Abhandlung, einer Fundstelle, an welcher die Natur indeß unschuldig ist. Endlich knüpfte sich an den Namen Hämatoïdin für das Bilirubin angewendet, noch eine historisch mißliebige Beziehung, einerseits weil Manche von der Entstehung der Gallenfarbstoffe aus Blutfarbstoff überhaupt nichts wissen wollen, oder weil man die Erinnerung an die physiologische Genesis der Entdeckung des Hydrobilirubins verwischen möchte, andrerseits weil es nicht mehr vornehm schien, bei einem reiner dargestellten Körper noch viel Werth auf dessen biologische Bedeutung zu legen. Wie verbreitet die hinter solcher Denkweise liegende Selbsttäuschung sein mag, so ist sie doch nichts anderes als Täuschung, denn in der Chemie ist mit den über das Bilirubin vorliegenden Untersuchungen bekanntlich kein Staat zu machen: da wird dasselbe kaum beachtet oder in die Rumpelkammer der Stoffe unbekannter Constitution geworfen, hinten an's Ende der Lehrbücher mit vielen Genossen thierischen Ursprungs, während der Farbstoff, bei aller Billigung des Verfahrens der Chemiker, in der Physiologie hervorragendes Interesse beansprucht und behält. So verschiedene Würdigung und den Werth thatsächlicher Erkenntnisse auf dem richtigen Gebiete verkennen, heißt auf anderen Gebieten Beachtung zur Unzeit fordern und verspricht Niemandem, der Aufgaben und Erwerbungen der Physiologie unterschätzt, Erfolge in nicht biologischen Disciplinen.

Seit ich mit dem Luteïn und den diesem verwandten Farbstoffen vertrauter geworden bin, habe ich nicht gesäumt, darnach in Objecten zu suchen, in welchen reichlich Hämatoïdinkrystalle vorkommen, oder nach Bilirubin zu fahnden an Stellen, wo sich viel Luteïn findet.

Ein größerer apoplectischer Heerd[1]) in der rechten Großhirnhemisphäre längs des Seh- und Streifenhügels, mit oberflächlicher Erweichung der Substanz beider, schon makroskopisch wie von brauner Galle gefärbt erscheinend, zeigte sich überall von prächtig ausgebildeten, nicht mit krummen Kanten oder Flächen versehenen Hämatoïdinkrystallen durchsetzt. Form und Farbe dieser Krystalle mit der des Luteïns zu verwechseln, scheint mir unmöglich; dieselben sind bei gleicher Dicke weit gesättigter roth, mehr zum braun- oder kupferroth gehend, als die des Luteïns. Dazu kommt das Verhalten bei der Untersuchung über einem Nicolschen Prisma; ich will nicht behaupten, daß dasselbe garkeinen Dichroïsmus erkennen lasse, wie denn auch die Doppelbrechung zwischen beiden Nicols sofort ersichtlich ist, und die Krystalle je nach der Orientirung heller und dunkler gefärbt erscheinen: zwei so verschiedene Nuancen, wie beim Luteïn (gelb und tiefroth) sieht man aber nicht. Ferner sind die Krystalle in concentrirter H_2SO_4 sehr haltbar und werden darin höchstens tiefer braun, nicht blau. Das Gewebe mit Sand und absolutem Alkohol zerrieben, gab ein völlig farbloses Extrakt, dann mit Aether eine schwach gelbe Lösung, zuletzt mit Chloroform extrahirt eine viel tiefer gefärbte grünlich gelbe. Mit keiner der gefärbten Lösungen waren spectroskopisch, trotz Untersuchung in sehr variirter Schichtendicke, Luteïnstreifen zu entdecken. Die Aetherlösung wurde beim Verdunsten grünlich, und der Rückstand in CS_2 aufgenommen gab keine rothe, sondern eine gelbe Flüssigkeit, nach deren Verdunstung Chloroform eine klar filtrirende gelbe Lösung erzeugte. Die letztere wurde mit etwas unreiner Salpetersäure versetzt erst grün, dann blaugrün, blau, violett, roth, endlich gelb, mit concentrirter H_2SO_4 etwas dunkler, bräunlich roth, worauf die zu Boden gehenden Säuretropfen allmählich grün, zuletzt blaugrün wurden. Der ganze Rest der gelben Lösung mit mäßig concentrirter Natronlauge geschüttelt, zeigte nach 24stündigem Stehen zwei klare Schichten, von denen die untere des Chloroforms völlig farblos war. In diesem Antheile des Gewebsextraktes war also kein Luteïn enthalten. Ebensowenig konnte der Hauptmenge des Farbstoffes im letzten Chloroformextrakte Luteïn oder etwas farbiges durch Natronlösung entzogen werden. Beim Abdampfen gab das Extrakt kupferrothe, aus kleinen gut ausgebildeten Bilirubinkrystallen bestehende Rinden und einen nicht krystallisirenden grünlichen Rest. Wie das Bilirubin der Galle löste sich das des Rückstandes auch in CS_2 mit hellgelber Farbe auf. Bei der spectroskopischen Untersuchung aller Antheile des Farbstoffs bemerkte ich, was man auch an den Lösungen des Bilirubins andern Herkommens sieht, daß die Absorption zwischen *F* und *G* zunächst zur Seite von *F* auftritt und diffus ziemlich weit nach *b* vorschreitet, während noch viel indig

[1]) Durch die Güte des Herrn Collegen *J. Arnold* erhalten.

blaues und violettes Licht sichtbar bleiben. Für die CS_2-Lösung liegt das Maximum der Verdunklung etwas weiter nach *F* und gleichzeitig lassen dieselben mehr blaues Licht zwischen *F* und *G* durchscheinen.

Nach gründlicher Extraktion mit Chloroform war aus dem Präparat mit Benzol, CS_2 und Terpentinöl kein weiterer Farbstoff zu extrahiren, und da die gefärbten Extrakte nur Bilirubin und dessen Derivate enthielten, muß geschlossen werden, daß in den gelben bis gelbrothen Massen apoplectischer Heerde des Gehirns nur Gallenfarbstoffe und kein Luteïn, noch letzterem verwandte Fettpigmente auftreten.

In den Corpora lutea der Kuh habe ich dagegen keine Hämatoïdinkrystalle gefunden. Hauptsächlich in den kleinsten, intensiv gefärbten, fast zinnoberrothen Narben des Ovariums sah ich im Gewebe eingesprengt nur außerordentlich kleine, erst mit den stärksten Vergrößerungen oder zwischen gekreuzten Nicols sicher als krystallinisch zu erkennende Pigmente, im durchfallenden Lichte von reiner Orangefarbe. Alle gefärbten Extrakte der Corpora lutea in Chloroformlösungen umgewandelt, gaben auch bei öfterem Schütteln und tagelanger Einwirkung an Natronlauge nichts farbiges ab, und ebensowenig ließ Chloroform etwas Gefärbtes in den mit Alkali gemengten Fetten der Corpora lutea zurück. Hiernach bildet sich neben dem Luteïn im Ovarium der Kuh kein Bilirubin. Ob das Ovarium anderer Säuger und des Weibes sich ebenso verhalte, bleibt zu untersuchen. Für die gelben Körper der Kuh glaube ich sicher zu sein, obgleich es sich um einen negativen Befund handelt, weil das verwendete Material aus allen Arten der bekanntlich vom hellsten Strohgelb bis zum Lederbraun und Zinnoberroth wechselnden Corpora lutea gemischt war. Auch nach Behandlung des extrahirten Gewebes mit Säuren war durch Chloroform kein demselben mit Alkalien zu entziehendes Pigment zu gewinnen, wie es hätte der Fall sein müssen, wenn Verbindungen des Bilirubins im Ovarium vorkämen.

Von Herrn Collegen *Kehrer* auf die merkwürdig schwache Färbung des Fettkörpers an Stelle des entleerten, zugleich viel Blut enthaltenden Follikels im Ovarium des Schweins aufmerksam gemacht, untersuchte ich diese Corpora pseudolutea sowol auf Luteïn, als auf Bilirubin. Da weder Alkohol, noch Aether und Chloroform davon gefärbt wurden, war die Abwesenheit beider Farbstoffe gleich zu constatiren. Behandlung mit Säuren und Chloroform ergab ebenfalls kein Bilirubin. Die Abwesenheit des Luteïns gewinnt Interesse, wenn man erwägt, daß alles Schweinefett durch äußerst geringe Färbung ausgezeichnet ist. Daß im Ovarium des Schweins, entgegen unserem Befunde, gelegentlich Hämatoïdin vorkomme, scheint aus der Literatur hervorzugehen und wäre wol zu verstehen, da die Fettkörper gewöhnlich ein starkes Blutextravasat einschließen.

1882

Ueber die Verbreitung des Guanin, besonders über sein Vorkommen in der Haut von Amphibien, Reptilien und von Petromyzon fluviatilis.

Von

A. Ewald und **C. Fr. W. Krukenberg.**

In der Haut vieler Amphibien und Reptilien finden sich neben den allgemeiner verbreiteten dunkelkörnigen oder schwarzen Pigmentzellen solche von gelber bis rother Farbe und solche, welche eine weiße silberglänzende oder kreidige Materie enthalten. Auf die letztere dieser drei Zellenarten, welche schon von *Brücke* für das Zustandekommen der verschiedenen Farbentöne der Chamäleonhaut herangezogen wurden, hat *Leydig*[1]) wiederholt aufmerksam gemacht; das gedachte weißliche Pigment wurde von ihm aber bald mit dem „Sattgelb der Flecken von Salamandra maculosa“ (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII. S. 177), bald mit einem eigenartigen gelbweißen Farbstoffe im Fettkörper der Arthropoden (welche, wie *Kölliker* und *Fabre* angegeben, auf einer Ablagerung harnsaurer Verbindungen beruht), bald wieder mit den bekannten „irisirenden Plättchen oder Flitterchen des Metallglanzes“ bei Fischen (welche nach *Barreswil* aus Guanin, nach *C. Voit* und *Kühne* aus Guaninkalk bestehen) verglichen.

---

[1]) *Leydig, Fr.*, Ueber die allgemeinen Bedeckungen der Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX. 1873. S. 774 u. Bd. XII. 1876. S. 176—179.

Aller Wahrscheinlichkeit nach sind von *Leydig* (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863 S. 200—202) ähnliche Gebilde ein anderes Mal auch den Proteïnkrystallen, welche *Radlkofer* in den Zellkernen von Lathraea squamosa beobachtete, und den Stearintafeln an die Seite gestellt. Schon in der Haut junger Larven von Salamandra maculosa constatirt man die Gegenwart dieser weißen silberglänzenden Zellen, und sie finden sich, entgegen der Angabe *Leydig*'s (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XII. S. 177. Anm. 3), in noch größerer Anzahl bei erwachsenen Thieren dieser und vieler anderen Amphibien- wie Reptilienspecies vor.

Bei der großen Verbreitung derartiger Zellen in den Familien der Amphibien und Reptilien schien es uns von Wichtigkeit, an Stelle von Muthmaßungen, wie sie *Leydig* nach verschiedenen Richtungen hin geäußert, experimentell gewonnene Thatsachen zu setzen, und es konnten schon durch die mikroskopische Untersuchung einige Beobachtungen angestellt werden, die uns der Entscheidung über den Inhalt der Zellen näher brachten. Zunächst konnten wir constatiren, daß der weiße Inhalt der Zellen, der je nach der untersuchten Thierspecies bald aus kleineren, bald aus gröberen (z. B. beim Salamanderembryo) länglichen, sehr stark lichtbrechenden, nicht deutlich krystallinischen Körperchen bestand, sich bei Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols als sehr stark doppelbrechend auswies. Diese Beobachtung erleichterte wesentlich das Auffinden derartiger Zellen hauptsächlich an solchen Stellen, welche reich an schwarzem Pigmente waren. Die Schwanzflosse junger Salamanderembryonen, in denen diese Zellen nur vereinzelt vorkommen und reiche Verästelung zeigen, sind in Canadabalsam eingeschlossen als Demonstrationsobject ganz besonders zu empfehlen; auch an den Schwimmhäuten von Fröschen, besonders von Rana temporaria, kann man sich leicht von der zelligen Natur der die doppelbrechenden Körperchen enthaltenden histologischen Elemente überzeugen. Schwieriger gelingt dies bei

solchen Thieren, bei denen die weiße Masse in großer Menge vorkommt, wie z. B. in der Haut vom Chamäleon[1]). Dann scheint bei gekreuzten Nicols das ganze Gesichtsfeld zu leuchten, und es können einzelne Zellen wenigstens auf Flächenansichten ganzer Hautstücke nicht mehr erkannt werden; doch boten gerade derartige Hautstücke willkommene Gelegenheit zur Anstellung mikrochemischer Prüfungen. Bei Behandlung mit verdünnter Natronlauge löste sich der doppelbrechende Inhalt; das gleiche trat, wenn auch langsamer ein bei Einwirkung von Salzsäure. Diese Reactionen sprachen einerseits gegen Kalk, anderseits gegen Harnsäure und erweckten sofort den Verdacht auf Guanin. Ein Stückchen Chamäleonhaut nach dem später genauer zu beschreibenden Guaninnachweise auf einem Porzellanscherben mit concentrirter Salpetersäure gelöst, zur Trockne verdampft, dann mit Natronlauge behandelt, gab sofort eine deutliche, wenn auch nicht völlig beweisende Reaction auf Guanin. Um die Thatsache vollkommen sicher zu stellen, besonders um die von *Kühne*[2]) eingehend berücksichtigten Reactionen des Guanins ausführen zu können, mußten wir den weißen Körper in größerer Menge zu gewinnen und chemisch rein darzustellen versuchen.

Wir verfuhren (mit Ausnahme zweier Fälle [Salamandra maculosa und Platydactylus guttatus *Daud.*], wo das Guanin unschwer und mit unzweifelhafter Sicherheit in der Haut durch die zu schildernden Reactionen direkt nachzuweisen war) bei

[1]) Die weißen Ablagerungen in der Chamäleonhaut scheinen zuerst von *H. Milne Edwards* (Ann. des scienc. nat. Sér. II. T. I. pag. 48) als „pigment superficiel blanc, jaunâtre, grisâtre" beschrieben zu sein; ihre chemische Natur blieb aber ihm wie später auch *Brücke*, nach welchem (Sitzungsb. d. Wiener Akademie. Math.-naturw. Classe. Jahrg. 1851. S. 803) das in der Cutis der Chamäleonhaut gelegene weiße Pigment theilweise gelb, seltener orangefarben sein soll, vollkommen unbekannt.

[2]) *Kühne, W.* u. *Sewall H.*, Zur Physiologie des Sehepithels. Unters. a. d. physiol. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. III. 1880. S. 223—235.

unseren Untersuchungen ganz allgemein folgendermaßen: Die von dem unterliegenden Muskel-, Fett- und Knochengewebe möglichst sorgfältig gereinigten Hautstücke wurden (um auch das Bindegewebe in Trypsin verdaulich zu machen) mit Wasser einige Zeit gekocht, darauf mit neutraler oder sehr schwach alkalischer Trypsinlösung bei 40° C. solange digerirt, bis sich die verdaulichen Gewebstheile, welche die kreidige Materie einschlossen, verflüssigt hatten, und letztere als weiße Schicht im Bodensatze (meist allerdings vermischt mit schwarzem Pigment und mit unverdaulichen Horngebilden) sichtbar wurde. Schien uns der Bodensatz nur aus ziemlich reinem Guanin zu bestehen (wie z. B. beim Chamäleon), so wurde derselbe sogleich abfiltrirt, andernfalls wurde derselbe zuvor durch Schlämmen gereinigt, was leicht und ohne bedeutenderen Substanzverlust zu bewerkstelligen war, weil das Guanin sehr rasch, das schwarze Pigment und die Hornschuppen dagegen verhältnißmäßig langsam zu Boden sinken. Der Rückstaud auf dem Filter wurde mit Wasser ausgewaschen, darauf mit verdünnter Salzsäure (1 : 3) gekocht, die Lösung sofort filtrirt und das Filtrat noch heiß mit Ammoniak genau neutralisirt. Enthielt das Filtrat fast reines Guanin (wie z. B. bei Chamaeleon, Scincus und Petromyzon), so bildete sich in der verdünnten Flüssigkeit nicht unmittelbar beim Neutralwerden, sondern erst nach einiger Zeit ein Niederschlag; entstand sofort ein Neutralisationspräcipitat (wie bei Elaphis, Tropidonotus, Triton etc.), so wurde dasselbe durch Filtration rasch entfernt, denn es enthielt ein solches niemals nachweisbare Mengen von Guanin. Falls in den Flüssigkeiten aber einigermaßen beträchtliche Guaninmengen zugegen waren, währte es nur wenige Stunden, bis die Krystallisation des Guanin begann, und nach 1—2 Tagen hatte sich fast alles Guanin in mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Drusen, welche aus stark doppelbrechenden Krystallprismen bestanden, ausgeschieden. Schließlich wurde noch zur

Ausführung der Guaninreaction von diesen Ausscheidungen eine, meist höchst minimale Probe auf einem Porzellanscherben direkt mit concentrirter Salpetersäure bei Siedehitze über freiem Feuer zur Trockne verdampft oder, wenn noch eine Reinigung erwünscht erschien, zuvor erst mit verdünnter Salpetersäure (1 : 12) aufgenommen und mit dieser auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft. Der gelbe, aus einer Guaninverbindung bestehende Verdampfungsrückstand wurde mit einem Tropfen Natronlauge benetzt (wobei sich derselbe intensiv roth färbte), darauf mit etwa einem ccm. Wasser übergossen und mit diesem abermals zum Sieden erhitzt. Ließen wir alsdann die siedende Flüssigkeit sich über eine größere Fläche der Porzellanunterlage verbreiten, so trat, wenn von Zeit zu Zeit das Erwärmen unterbrochen, die Flüssigkeitsschicht durch Senken und Heben des Porzellans an einzelnen Stellen verdünnt und an diesen die Verdunstung durch Blasen befördert wurde, der Umschlag in Purpurroth, bisweilen auch in's Blauviolette bei geringen Guaninmengen deutlich, bei größeren in allen seinen Farbenabstufungen am schönsten hervor.

Ganz außerordentlich reich an Guanin erwiesen sich uns nach dieser Methode behandelt die Haut vom Chamäleon (Chamaeleon vulgaris), vom Frosche, von Scincus officinalis und von Petromyzon fluviatilis; nur je ein frisches (Rana esculenta) oder mehrere Jahre in Spiritus (Chamaeleon, Petromyzon) resp. trocken (Scincus) conservirtes Exemplar lieferte uns bei diesen Species eine ansehnliche Quantität sehr reinen Guanins. Etwas weniger Guanin fanden wir in der Haut von Tropidonotus natrix und einer brasilianischen Python-art; gering war die Ausbeute bei Elaphis quadrilineatus *Bonap.* und völlig negativ blieben die Befunde bei Callopeltis quadrilineatus *Pallas*, bei verschiedenen, z. Th. sehr großen Arten resp. Varietäten von Lacertiden, bei Triton cristatus, Bufo

vulgaris[1]) und beim Axolotl (Siredon pisciformis), obschon die mikroskopische Untersuchung nur in der Haut des letzteren die Zellen mit kreidigem, doppelt-lichtbrechendem Inhalte vermissen ließ. Von Triton cristatus standen uns für diese Untersuchung sieben, von Bufo vulgaris nur ein, dafür aber ein sehr großes Exemplar zur Verfügung.

In der größten Mehrzahl der Fälle erhielten wir die Guaninreaction nicht weniger rein als nach diesem Verfahren, wenn wir Hautstücke, welche besonders reich an kreidigen Einlagerungen und möglichst frei von schwarzem Pigment erschienen (wie die weißen Schuppen von Tropidonotus natrix, die weißen Hautstellen an dem conservirten Gecko [Platydactylus guttatus], Chamäleon [Chamaeleon vulgaris] und Scincus officinalis, die weiße Bauchhaut von Rana und die orangefarbige von Triton cristatus und Salamandra maculosa) direkt mit concentrirter Salpetersäure über freiem Feuer abdampften und darauf mit Natronlauge behandelten. Bei Triton gelang es uns sogar nur auf diese Weise (aber nicht weniger sicher als in den angeführten Fällen), uns von der Gegenwart des Guanins in den mikroskopisch leicht erkennbaren weißen Zellen (besonders der Bauch- und Schwanzhaut) zu überzeugen. Bei Lacerta[2]), beim Axolotl und merkwürdigerweise auch bei Callopeltis quadrilineatus *Pallas*, bei welcher Schlange in gewissen, theilweise rein weißen Schuppen an der Bauchseite das Guanin kaum fehlen

[1]) Bufo vulgaris soll nach *Leydig* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII. S. 191—193 u. S. 238—241) auch darin von allen einheimischen Batrachiern, geschwänzten wie ungeschwänzten, abweichen, daß sich in ihrer Haut Kalkconcremente finden.

[2]) Wir dürfen bei diesem negativen Resultate vielleicht darauf hinweisen, daß sich bei den untersuchten Eidechsenarten auch das gelbe Hautpigment von den unter sich sehr ähnlichen, wenn nicht gar identischen des Wasser- und Laubfrosches, des Salamanders, Tritons und der Kröten spectroskopisch auffallend unterscheidet.

wird, gelang uns aber nach dieser vereinfachten Methode der Guaninnachweis gleichfalls nicht.

Obschon nicht bei allen Amphibien, in deren Haut wir das Guanin in reichlicher Menge antrafen, unter den Harnbestandtheilen die Harnsäure prävalirend gefunden, beim Frosch z. B. Harnsäure noch gar nicht nachgewiesen wurde, so erregten die besagten Guaninbefunde doch gerade deshalb unsere Verwunderung, weil diese Substanz in den Excreten wie Secreten sowohl bei Schlangen wie bei Urodelen und Chamäleonen stets vermisst, statt deren aber aus dem Harne dieser Thiere reichliche Harnsäuremengen gewonnen waren [1]). Wir prüften deshalb auch geeignete Hautstücke von Tropidonotus, Elaphis, Callopeltis, Lacerta, Salamandra, Triton und Rana mittelst der Murexidprobe auf Harnsäure; aber wir gelangten bei allen diesen Versuchen zu einem durchaus negativen Resultate: mit Ammoniak färbte sich der Salpetersäure-Verdampfungsrückstand niemals roth, sondern (was auch die Guaninverbindung thut) gelblich und auf Zusatz von Natronlauge niemals purpurn oder violett, sondern, wenn Guanin zugegen war, orange oder kirschroth, — und wir dürfen uns demnach für versichert halten, daß die kreidige Masse, welche die weißen Zellen der Haut erfüllt, bei allen diesen Thieren keine nachweisbare Mengen von Harnsäure einschließt.

Die von uns im Vorhergehenden ausführlicher beschriebenen Reactionen mittelst Salpetersäure und Natronlauge fallen wie

---

[1]) In den Excrementen vom Chamäleon fand *Prout* (*Thoms.* Ann. XV. p. 471) harnsaures Ammonium. Im Enddarmstücke unseres Chamäleons trafen wir nur unverdaute Insectenreste an, sodaß schon aus diesem Grunde (da die Fäcalmassen der Insecten bekanntlich meist viel Harnsäure enthalten) der Harnsäurenachweis hier unterbleiben durfte. Aus den Nieren dieses, zwar viele Decennien lang in Alkohol conservirt gewesenen Exemplares vermochten wir kein Guanin abszuscheiden. — Der Harn der Boa constrictor enthält nach *Prout* (*Thoms.* Ann. V. p. 413) 90, 16 pCt. und der von Lacerta agilis nach *Scholz.* (*Gilbert's* Ann. 43. S. 83) 94 pCt. Harnsäure.

E. Salkowski[1]) und *Kühne*[2]) bereits hervorgehoben haben, „beim Guanin so intensiv aus, und es bildet sich namentlich der gelbe Nitrokörper so leicht, schon bei mäßigem einmaligem Erwärmen selbst mit reiner Salpetersäure, daß keinem Geübten der Unterschied vom Xanthin und Hypoxanthin entgehen kann, obschon diese Körper im Grunde an der gleichen, freilich umständlicher erst durch wiederholtes Abdampfen mit salpetriger Säure enthaltender Salpetersäure zu erzielenden und nicht ganz so intensiv ausfallenden Reaction erkannt werden". War also schon durch das vorzügliche Gelingen dieser Reactionen hinlänglich dargethan, daß die weißen Zelleneinschlüsse in der Haut der bezeichneten Amphibien und Reptilien ebenso wie die in den Schuppen und der Retina der Fische vorwiegend oder ganz aus Guanin bestanden, so unterließen wir doch auch nicht in den Fällen, wo uns weder der Guanin- noch der Harnsäurenachweis gelungen war (wie bei Lacerta und Callopeltis), auf Hypoxanthin zu fahnden. Beim Nachweis dieses Körpers schlugen wir das allgemein gebräuchliche Verfahren ein, indem wir die ammoniakalische Lösung der Concremente mit Kupferacetat kochten; aber die schließlich erhaltenen Silberniederschläge zeigten nichts von den charakteristischen Formen des Hypoxanthinsilbernitrates, wodurch die Abwesenheit wenigstens größerer Hypoxanthinmengen in der Haut von Lacerta und Callopeltis erwiesen sein dürfte.

Die Ausdehnung unserer Versuche auf Wirbellose war von keinen positiven Erfolgen begleitet. Aus dem Rückstande der verdauten Hautdecken von 6 großen Sepia officinalis[3]), deren

[1]) *Salkowski*, *E.*, Beiträge zur Kenntniß der Leukämie. Arch. f. pathol. Anat. Bd. 50. 1870. S. 186.

[2]) *Kühne*, *W.* u. *Sewall*, *H.*, l. c. S. 225.

[3]) Die salzsaure Auskochung nahm bei Sepia durch die Chromatophorenpigmente eine schön rothe Färbung an, ließ aber spectroskopisch untersucht, keinen Absorptionsstreifen erkennen. Beim Neutralisiren fiel der Farbstoff flockig aus.

Stoffumsatz durch das Auftreten großer Harnsäuremengen (in den sog. Venenanhängen) an den der Schlangen und Urodelen erinnern könnte, war keine Spur von Guanin darzustellen; auch in der kalkreichen Haut von Bonellia viridis, in den Concretionen aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna squamosa, von denen etwa 20 gr. zur Untersuchung verwendet wurden, vermissten wir das Guanin vollständig. Ebenso erfolglos verliefen auch dieses Mal unsere Untersuchungen, welche wir an den Flügeln von 6 großen Saturnia Pernyi und von 5 Attacus Mylitta ausführten. Bei der Inarbeitnahme mehrerer Hautstücke von Cucumaria Planci zum gleichen Zwecke überzeugten wir uns auch an dieser Holothurienart wie vortreffliche Dienste die Verdauungsmethode bei der Isolirung der kalkigen Concremente in der Echinodermenhaut zu leisten vermag.

Da die eventuell an Guanin gebundene Kalkmenge wegen des großen Molekulargewichtes jener Substanz nur eine geringe ist, und nach dem Verdauen der Hautstücke Kalksalze anderer Herkunft (aus den Schuppen, den Sehnen oder aus den, an der Haut festsitzenden Knöchelchen stammend) dem guaninhaltigen Bodensatze oft in ganz ersichtlicher Weise einfach beigemengt waren, so nahmen wir meist Abstand zu untersuchen, ob in der Haut Guanin oder Guaninkalk vorhanden sei. Nur an dem direkt durch Verdauen ziemlich rein erhaltenen Präparate aus der Chamäleonenhaut haben wir eine diesbezügliche genauere Prüfung vorgenommen. Der Verdauungsrückstand wurde dabei auf einem Objectträger verascht, die Asche mit starker Schwefelsäure längere Zeit stehen gelassen und alsdann mikroskopisch auf Gypskrystalle geprüft. Diese sehr empfindliche Methode lieferte ein völlig negatives Resultat, und es wird daraus geschlossen werden müssen, daß wenigstens in der Haut des Chamäleons das Guanin als solches und nicht als Guaninkalk präformirt vorkommt.

Als das Gesammtresultat unserer Untersuchungen dürfen wir

den Nachweis geliefert erachten, daß das Guanin nicht nur in der Haut gewisser Knochenfische[1]), sondern ebenso reichlich auch in der äußern Körperbekleidung bei einigen Species der Cyclostomen, Schlangen, Urodelen und Anuren auftritt; es wurde von uns nachgewiesen in der Haut von Petromyzon fluviatilis, Tropidonotus natrix, Python, Elaphis quadrilineatus *Bonaparte*, Chamaeleon vulgaris, Platydactylus guttatus, Scincus officinalis *Laur.*, Triton cristatus, Salamandra maculosa und von Rana; der Nachweis mislang uns dagegen bei Callopeltis quadrilineatus *Pallas*, Lacerta, Bufo vulgaris und bei Siredon pisciformis, obschon es, wie die mikroskopischen Befunde wahrscheinlich machen, unter diesen nur beim Axolotl vollständig fehlen wird. In der Haut und den Federn der Vögel gab sich uns bislang von Guanin ebensowenig etwas zu erkennen als in den Körperbedeckungen der wirbellosen Thiere[2]).

---

[1]) Mit der an der Bauchseite weißen, an der Rückenfläche braun gefleckten Haut von Torpedo marmorata gelang uns weder der direkte (chemische und mikroskopische) Nachweis des Guanin, noch vermochten wir aus der Haut das Guanin in Substanz abzuscheiden.

[2]) Nachdem das Guanin 1845 von *Bodo Unger* (*Poggend. Ann.* Bd. 65. S. 222, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 51. S. 395) im Guano aufgefunden und von ihm gleichfalls festgestellt war, daß es reichlich im peruanischen, sparsam im afrikanischen Guano auftritt, wurde es weiterhin im Pankreas von *Scherer* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 112. S. 257), in den Schuppen des Alburnus lucidus von *Barreswil* (Compt. rend. T. 53. p. 246), in der Schwimmblase der Argentina Sphyraena von *C. Voit* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 15. S. 515), in den Excrementen von Ardea cinerea (*E. Hærter* in *Hoppe-Seyler*'s Medic.-chem. Untersuchungen. 1871. S. 584), verschiedener Skorpione (cf. *Krukenberg* in Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. 1881. S. 42. Anm. 1) und Arachniden (*E. Gorup-Besanez* u. *Fr. Will* in Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 69. 1849. S. 117, *F. Plateau*, Rech. sur la struct. de l'app. dig. chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. p. 134), in der Retina von Abramis brama und verschiedener Selachier (*Kühne* u. *Sewall*, l. c.) nachgewiesen; auch findet sich Guanin in den Nieren bei Octopus vulgaris (*Fredericq* in Bull. de l'acad. r. de Belgique. Sér. II. T. 46. 1878. p. 744). Ob die weißen Concretionen, welche *Virchow* (Arch.

f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 358) im Schweinefleisch beobachtete, thatsächlich aus Guanin oder aus einem Xanthinkörper (vielleicht Hypoxanthin) bestanden, haben die Untersuchungen unentschieden gelassen. Das Vorkommen des Guanin wurde fernerhin noch vermuthet, aber nicht exact bewiesen in den Mesenterialfilamenten der Actinien (*V. Carus*, System d. vergl. Morphologie. 1853. S. 148), in der milchweißen Platte unter der sog. Leber bei Porpita (*Kölliker*, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. S. 368), in den sog. Mastdarmblindsäcken bei Asteracanthion rubens und Solaster papposus, in den *Cuvier*'schen Organen von Holothuria pentactes und Cucumaria frondosa (*Carus*, l. c.), in den Concrementen aus dem Canalsysteme von Distomum hystrix (*Lieberkühn*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. S. 561), in den Concretionen aus dem *Bojanus*'schen Organe von Anodonta cygnea und als Inhalt der grünen Drüse bei Astacus fluviatilis (*Gorup-Besanez* u. *Will*, l. c., S. 120); auch im Inhalte des Wassergefäßsystems von Taenia sollen sich nach *Ferd. Sommer* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 24. 1874. S. 515) dem Xanthin oder dem Guanin sehr nahe stehende Substanzen finden. Die Ansicht *Leydig*'s (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XII. S. 537—538), es möchte die weißkörnige Substanz, welche in der „zelligen Lage unter der Cuticula“ (matrix *Leydig*'s, Hypodermis anderer Autoren) der Spiegelflecke auf den Flügeln von Saturnia Pernyi vorkommt, Guanin sein, haben wir, wie gesagt, nicht bewahrheitet gefunden.

Nachtrag.

Nach Abschluß unserer Arbeit erhielten wir durch die Güte des Herrn Prof. *Bütschli* noch eine Anzahl von Reptilien und Amphibien, wodurch wir unsere Beobachtungen vervollständigen konnten. Wir sahen dabei ab von einer Reindarstellung des Guanins durch die Verdauungsmethode, da wir fanden, daß sich durch die direkte Behandlung der Hautstücke mit Salpetersäure der Guaninnachweis mit völliger Sicherheit liefern läßt, wenn man nur mit der nöthigen Vorsicht verfährt. Die Hautstücke, meist etwa 2—3 qcm. werden mit concentrirter Salpetersäure auf einer Porzellanscherbe ganz langsam erwärmt, bis die weißen kreidigen Stellen durchsichtig werden. Die Hautstücke müssen aus der Salpetersäure genommen werden noch ehe sie sich mit derselben stark gelb färben. Wurde dann unter Kochen die Salpetersäure zur Trockne verdampft und die Probe mit Natronlauge angestellt, so fiel bei Gegenwart von Guanin die Farbenreaction immer vollkommen rein aus. Neben der chemischen Untersuchung wurde immer auch die mikroskopische Prüfung vorgenommen. Es gelang uns so das Guanin mit Sicherheit noch bei einigen Schlangen: Coluber Aesculapii, Platyurus fasciatus und Leptophis liocercus nachzuweisen; hauptsächlich die letztere war ungemein reich an Guanin. Bei einer andern Schlange, Elaps corallinus, dagegen war weder mikroskopisch noch chemisch die geringste Spur von Guanin zu finden. Sehr reich an Guanin war eine Phrynosoma-art und der gemeine Gekko (Platydactylus murorum). Bei erneuter Prüfung gelang es uns jetzt auch bei Kröten, sowol bei Bufo calamita als Bufo vulgaris den Guaningehalt der Haut sicher zu stellen. Ebenso

ergab Lacerta agilis eine schwache aber vollkommen deutliche Guaninreaction. Bei der Blindschleiche (Anguis fragilis) ließ die mikroskopische Untersuchung auf Guanin schließen und auch die chemische Prüfung machte die Anwesenheit desselben wahrscheinlich; bei dem Scheltopusik (Pseudopus Pallasii) gelang der Nachweis nicht. In der Haut des Leguans (Iguana tuberculata) konnten wir mikroskopisch keine Guaninzellen erkennen, auch bei chemischer Prüfung glückte uns zuerst der Nachweis nicht; als wir aber eine größere Hautportion, etwa 20 □cm, in Arbeit nahmen, erhielten wir eine vollkommen deutliche Reaction. Es wurde deshalb nochmals die Haut des Axolotl, bei welchem unsre früheren Versuche ein vollkommen negatives Resultat ergeben hatten, einer Prüfung unterzogen. Obgleich etwa der vierte Theil der Haut eines ganzen Thieres verbraucht wurde, gab die Reaction höchstens eine leichte Rothfärbung; das Vorkommen von Guanin ist zweifelhaft. Möglicherweise könnten Spuren vorhanden sein. Vollkommen negativ fiel das Resultat bei der Haut der Muraene aus.

1882

Ueber chemische Reizungen.

Nach Versuchen von stud. med. **Curt Jani**
mitgetheilt von
W. Kühne.

Bekanntlich hat *E. Hering* nachgewiesen, daß die meisten Erregungen des Muskels durch Berührung seines Querschnittes mit Flüssigkeiten auf electrischer Reizung beruhen, erzeugt durch Herstellung eines Kreises für den Muskelstrom. Die erfolgende Zuckung kann allerdings doppelten, sowol chemischen als electrischen Ursprunges sein, aber der Nachweis des ersteren Antheiles wäre schwierig und ist es noch bei Erfolgen an stromlosen Muskeln ohne Querschnitt, weil die erregenden Flüssigkeiten erst stromerweckend und dann wiederum als Nebenschließungen zum Demarcationsstrome wirken könnten. Bei dieser Sachlage haben unter den chemischen Reizmitteln die Gase neues Interesse gewonnen, besonders das durch seine kräftige Wirkung auf den Muskel ausgezeichnete Ammoniak. Die Zahl derartiger Muskelreize zu vermehren, war die erste Aufgabe der folgenden Versuche.

Es wurden viele Gase gefunden, welche den M. sartorius des Frosches erregen; zu diesen zählen: Chlor, Brom, Untersalpetersäure, Salzsäure, schweflige Säure, Kohlensäure, Essigsäure, Aldehyd, Aceton, Aether, Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Schwefelkohlenstoff. Nicht erregt wurde der Muskel durch: Schwefelwasserstoff, Benzol, Kreosot, Petroläther, Anilin, Terpentin, Furfurol.

Zur Einwirkung der Gase und Dämpfe wurde der an seiner unteren Sehne in bekannter Weise fixirte, hängende M. sartorius

rasch in Bechergläschen getaucht, die entweder vorher mit den Gasen gefüllt waren, oder am Boden verdampfende und Gase entwickelnde Flüssigkeiten enthielten. Cl, Br, SO_2 dunsteten aus gesättigten wässrigen Lösungen ab, NO_2 aus schwach rauchender Salpetersäure, HCl aus mäßig rauchender Säure; $C_2H_4O_2$ wurde als Eisessig verwendet, C_2H_4O unter Zusatz von Kalkhydrat. Mit einer Ausnahme (bei CO_2) ergaben die Versuche gleiche Resultate bei curarisirten und unvergifteten Muskeln, gleichviel ob mit größter Schonung unverletzt präparirt, oder mit einem Querschnitte versehen.

A. Kürzeste Einwirkung, wobei der Muskel, indem das Gläschen gleich wieder fortgezogen wurde, nur einen Augenblick mit dem Gase in Berührung kam.

1. Einfache Zuckung mit sofort folgender Erschlaffung erzeugten: NO_2, SO_2, HCl, $C_2H_4O_2$, Br, CS_2, CCl_4. Bei NO_2 und Br drehte sich der Muskel spiralig um seine Längsaxe; bei CCl_4 bog er sich um eine Kante und rollte sich etwas auf. Nach wieder eingetretener Verlängerung äußerte sich eine Nachwirkung durch zahlreiche klonische Zuckungen ohne anhaltende Verkürzung, am stärksten nach HCl, SO_2 und Br, weniger nach $C_2H_4O_2$, am geringsten nach NO_2.

2. Eine starke Zuckung mit spiraliger Drehung, die sogleich in Contraktur überging, erfolgte durch CCl_3H, C_3H_6O, $C_4H_{10}O$ und Cl, bei letzterem am längsten anhaltend.

3. Eine starke aber langsame Contraktion, erst spät in Verlängerung übergehend, erzeugte C_2H_4O.

Die Versuche waren sämmtlich mit demselben Erfolge einige Male zu wiederholen, nur vergrößerte sich bei einigen Gasen die Latenzzeit und die Contraktion hielt länger an. So war es bei CCl_3H und $C_4H_{10}O$, mehr noch bei HCl, am meisten bei Cl, das dann nur geringe Verkürzung erzeugte.

B. Längere Einwirkung der Gase.

1. Nach Vollendung der beschriebenen Zuckungen geht der Muskel in Contraktur über, verliert die Erregbarkeit für stärkste electrische Reizung und erstarrt: vor Ablauf von 15 Sec. durch Cl und CCl_3H, nach mehr als 20 Sec. durch HCl und $C_4H_{10}O$, nach 30 Sec. durch $C_2H_4O_2$.

2. Der Muskel geht sofort in Contraktur über, zuweilen unterbrochen durch stoßende Zuckungen, unter Einwirkung von CCl_4 und NO_2. Vollkommenes Absterben erfolgt in NO_2 nach 15 Sec., in CCl_4 etwas später.

3. Der Muskel zeigt zitternde Bewegungen, darauf langsamen Uebergang in Contraktur, endlich Umwandlung zu einem weißen erstarrten Bande, durch Einwirkung von CS_2 und SO_2. In beiden verschwindet die Contraktion zunächst nach etwa $2-2^1/_2$ Min., ohne totalen Erregbarkeitsverlust zu hinterlassen.

4. Klonische Zuckungen ohne Contraktur ruft $C_2H_4O_2$ hervor; dieselben verschwinden nach 30 Sec., worauf noch Zuckungen durch electrischen Reiz entstehen.

5. CO_2 wirkt nur bei etwas längerer Einwirkung (7 Sec.) und erzeugt starke fibrilläre Zuckungen, ohne daß es zu einer Gesammtverkürzung käme. Nur am curarisirten Muskel wurde deutliche zuckende Verkürzung in Folge raschen Eintauchens in das Gas bemerkt. Die fibrillären Zuckungen dauerten $^1/_2$—1 Min.

Die schon genannten nicht erregenden Mittel flüssig angewendet, vernichteten z. Th. die Erregbarkeit rasch, so Furfurol, Anilin, Terpentinöl, sehr viel langsamer Petroläther. Rasches tieferes Eintauchen in flüssiges Benzol oder Kreosot erzeugte einige Male Zuckung.

Während SH_2-Gas den Muskel in $^1/_2$—1 Min. tödtete, blieb die Erregbarkeit in den übrigen nicht erregenden Gasen sehr lange erhalten.

Von keinem der auf die genannte Weise erregten Muskeln

gelang es secundäre Zuckung eines mit dem Nerven angelegten Froschschenkels zu erhalten, obgleich dieselbe viele Male vor und nach der Gaswirkung auf Anlegung eines Querschnittes an den Sartorius eintraf.

Verhalten motorischer Nerven zu den die Muskeln erregenden Gasen.

Von sämmtlichen vorher genannten Gasen wirkt nur CS_2 und nicht einmal constant erregend auf den N. ischiadicus des Frosches. Der Schenkel geräth in Zittern und fibrilläre Zuckungen, die aber auch beim Eintauchen des Nerven in die Flüssigkeit nicht in Tetanus übergehen. Die Zuckungen halten lange an und erhebliche Aenderungen der Nervenerregbarkeit sind selbst nach 2 Min. noch nicht zu constatiren. Dagegen wurde der Nerv 16 Sec. nach dem Eintauchen in flüssigen CS_2 unerregbar gefunden.

Verlust der Nervenerregbarkeit in den Gasen wurde gefunden; nach 5—15 Sec. durch HCl und NO_2, nach etwas mehr als 15 Sec. durch CCl_3H, C_2H_4O, $C_4H_{10}O$, nach 20 Sec. durch $C_2H_4O_2$; durch SO_2, Cl, CCl_4 noch nicht nach 30 Sec., nach 2 Min. durch Br, Terpentinöl und Petroläther; während der Nerv in die beiden letzteren eingetaucht nach etwas mehr als 1 Min. unerregbar wurde, hielt er sich in gesättigtem Bromwasser so lange (2 Min.) wie in dem darüber stehenden Gase.

Im Ganzen machen die Resultate den Eindruck, als habe es sich nur um chemische Reizungen gehandelt, und dies dürfte für diejenigen Gase, welche von den die Muskel oder dessen Fasern umgebenden minimalen Flüssigkeitsmengen aufgenommen, deren electrischen Leitungswiderstand nicht ändern oder vermindern, auch allgemein acceptirt werden. Bei anderen Gasen, den

Säuren namentlich, ist jedoch eine Wirkung gleich derjenigen von Flüssigkeiten mit geringem Widerstande nicht auszuschließen und um so mehr zu beachten, als die meisten auch zum Auftreten von Demarcationsströmen Anlaß geben werden. Indeß, wenn man die Frage auf die Spitze treibt, wird schließlich überhaupt kaum etwas anderes übrig bleiben, als jeglicher chemischen Veränderung in irritablen Maßen in erster Instanz electrische Erfolge zuzuschreiben und alle physiologische Reaction als weitere Folge der electrischen Veränderung aufzufassen. Immer wird es dann aber bemerkenswerth bleiben, daß Nerven, die wir bezüglich des Hervortretens neuer electrischer Eigenschaften nicht weniger empfindlich gegen chemische Einflüsse wissen, als Muskeln, auf eine große, hier wieder vermehrte Zahl solcher Einflüsse, nicht mit Erregung reagiren, wie das Gewebe, das darauf mit Contraktion antwortet.

Wie es scheint ist der Muskel, besonders der quergestreifte nicht immer das beste, geschweige das einzige Mittel zur Erkennung des Erregungszustandes im Nerven, wenigstens nicht aller Arten von Nervenerregung: es stehen zu dem Zwecke noch die glatten Muskeln, der Herzmuskel, vor allem die Ganglienzelle und die subjective Empfindung bereit, welche sämmtlich vielfach in dieser Hinsicht schon benutzt sind. Die folgenden Versuche haben sich einestheils an die Ganglien des Rückenmarks, deren Reaction auf Nervenerregung durch Reflexbewegung erkannt werden sollte, gewendet, anderntheils unter Beibehaltung dieser Bewegung als letzten Erkennungszeichens der Erregung, die sensiblen Nerven zum ersten Erregungsobjecte genommen.

An den größeren sensiblen Stämmen zu experimentiren ist mißlich wegen der bekannten Inconstanz oder häufig vollkommenen Erfolglosigkeit selbst solcher Reize, welche am motorischen Stamme nie im Stiche lassen und es wurde deshalb versucht, die Eigenthümlichkeiten der sensiblen Endorgane auszuschließen, oder ihre Mitwirkung zu controliren durch Reizung der sensiblen Fäserchen

unter der Haut, nachdem vorher dieselben Reize an der äußeren Hautfläche probirt waren. Ob man damit zum Ziele gelange, können nur die Resultate selber sagèn, da der enthäutete Schenkel im Bindegewebe der Sehnen, Fascien und Gelenke immer noch eine Anzahl Endorgane besitzt, die vielleicht als Aufnahmestellen des Reizes mehr Bedeutung haben, als die zwischen den inneren Theilen und der Haut abgerissenen Nervenfasern.

Chemische Reizversuche an der Froschhaut.

1. Durch Einhängen eines Beines des oberhalb der Medulla oblongata geköpften, am Unterkiefer aufgehängten Frosches in Cl, Br, C_2H_4O, NO_2 auch der Dämpfe von Senföl beobachtet man nach anfänglicher starker Zuckung eine lange Reihe von Wischbewegungen, nach deren Beendigung das Bein oft angezogen bleibt. Die Reflexbewegung dehnt sich auf das andere Bein aus. Bei C_2H_4O erfolgt die erste Bewegung nach 1—2 Sec., bei den übrigen Gasen nach etwa 2 Sec. Bringt man die Dämpfe in Berührung mit der oberen Extremität, so findet dort nach Ablauf derselben Zeit die Bewegung statt und pflanzt sich bei längerer Einwirkung der Gase auch auf die untere Extremität, zuweilen auch der andern Seite fort und zwar nach der Reizung mit Senföl in 3 Sec., mit NO_2 etwas später, mit Cl nach 6—7 Sec., mit C_2H_4O nach 12 Sec.

2. Ebenso, aber nicht constant Reflexe auf der andern Seite veranlassend, wirkten: HCl, $C_2H_4O_2$, C_3H_6O. Das Latenzstadium betrug 3 Sec. Die Uebertragung von der oberen auf die untere Extremität dauerte bei HCl und $C_2H_4O_2$ 5—6 Sec., bei C_3H_6O 12 Sec.

3. Reflexe, ebenfalls in einer ersten Anziehung des Beines mit folgenden Wischbewegungen bestehend, aber nur auf der gereizten Seite, wurden erzielt durch: CS_2, CCl_3H, $C_4H_{10}O$, SO_2 und CO_2. Das Latenzstadium betrug 5 Sec. Die Fortpflanzung von der oberen auf die untere Extremität erfolgte bei CCl_3H in

7—10 Sec., bei $C_4H_{10}O$ in 10 Sec., bei CS_2 erst in 30 Sec., in letzteren Fällen waren die Bewegungen des Beines sehr unbedeutend.

4. Dämpfe von Alkohol, Amylalkohol, Kohlenstofftetrachlorid und (reinem) Bittermandelöl erzeugten nur zitternde Bewegungen des Beines, das auch nie aus dem Glase hervorgezogen wurde. Die Latenz betrug beim Alkohol 5 Sec., bei den andern Stoffen 8—10—12 Sec.

Noch schwächer war die Reaction auf Dämpfe von Benzol, Kreosot, Anilin, wo sie auch erst nach 10—20 Sec. eintrat, zweifelhaft endlich bei CCl_2 und Terpentindämpfen. Vollends wurde bei dieser Gruppe die Wirkung von oben nach unten schwach, inconstant oder erfolgte sehr spät.

Im Anschlusse hieran wurden einige auf die Zunge kräftig wirkende Flüssigkeiten an der Froschhaut versucht und es ergab sich völlige Wirkungslosigkeit: sehr concentrirter Lösungen von Rohrzucker und Traubenzucker, Salicin, unerträglich bitterer Lösungen von Chininsulfat und Chininchlorhydrat, sowie einer 4procentigen Lösung von Tannin. Dagegen erzeugten concentrirtes Glycerin und Alaun von 4 pCt. nach etwa 10 Sec. mäßigen gleichseitigen Reflex.

Chemische Reizung des enthäuteten Beins.

Die Versuche wurden so angestellt, daß nach Abstreifung der gesammten Hautbedeckung, die Vorderpfoten völlig, von den Hinterpfoten nur die Phalangen abgeschnitten wurden, weil sich von diesen Theilen die Haut nur unvollkommen löst. Die Empfindlichkeit solcher theilweise noch behäuteter Zehen für Druck und electrischen Reiz gegenüber ganz enthäuteten ist sehr groß. Für chemische Reizungen sorgfältig enthäuteter Extremitäten ist hochgradige Reflexerregbarkeit erforderlich.

Wurde der Frosch mit beiden Beinen in Dämpfe von NH_3 $C_2H_4O_2$ und HCl gehängt, so erfolgte reflectorische Anziehung

der Beine; einseitige Reizung erzeugte nur einseitigen Reflex. Da die Bewegungen rasch und geordnet waren, konnten sie nicht auf direkter Muskelreizung beruhen; außerdem gaben Controlversuche mit durchschnittenem N. ischiadicus ein negatives Resultat. NaCl in concentrirter Lösung mit der hautlosen Sohle in Berührung gebracht gab reflectorische Krämpfe des Unterschenkels ohne Ausbreitung auf den Oberschenkel oder auf das andere Bein. Weniger constant wirkte Eintauchen eines oder beider Unterschenkel in sehr verdünnte H_2SO_4 oder NaOH. Ganz unwirksam waren Br, NO_2, CO_2, CS_2, Senföl, concentrirtes Glycerin und Alaunlösung von 4 pCt.

Vom herauspräparirten und durchschnittenen N. ischiadicus aus erzeugte nur NaCl Reflexe (im anderen Beine); alle übrigen Mittel, selbst concentrirtes Glycerin ließen völlig im Stich, was sich vielleicht aus der stets einseitigen und auf die gereizte Extremität beschränkt bleibenden Reflexwirkung, welche nach Entfernung der Haut beobachtet wurde, erklärt.

Hält man unsere Beobachtungen am enthäuteten Schenkel mit den jetzigen und den älteren Erfahrungen über chemische Reizbarkeit motorischer Nervenstämme zusammen, so erscheint die sensible präterminale Ausbreitung fast so indolent gegen Erregung durch chemische Mittel, wie die Nervenfaser im Allgemeinen und hinsichtlich dieser Erregbarkeit dem Muskel und der Haut weit nachstehend. Andrerseits bezeugen die Reflexe durch gewisse Dämpfe (NH_3, $C_2H_4O_2$, HCl) einen kleinen Unterschied zu Gunsten der unter der Haut befindlichen Nerven, welcher, abgesehen von der Möglichkeit wirklicher Differenzen zwischen sensiblen und motorischen Fasern, bedingt sein kann von der geeigneteren Beschaffenheit des gangliösen Signalapparats, worauf die sensiblen Fasern zu wirken haben, oder von der Betheiligung besonderer Endorgane, die unser Object noch in den Sehnen, Fascien und Gelenken enthielt.

1882

Ueber secundäre Wirkung vom Herzen auf Muskeln.

Von

Dr. **R. J. Anderson** aus Belfast.

Um die Erregung eines Muskels durch das schlagende Herz zu zeigen, habe ich außer den Herzen des Kaninchens, des Frosches und der Schildkröte, von welchen Professor *Kühne* die secundäre Wirkung auf den angelegten M. sartorius des Frosches erhalten hatte, die Herzen einiger andrer Thiere geprüft und dem Experimente eine Form zu geben versucht, welche möglichste scharfe und anhaltende Beobachtungen gestattete. Unter den leicht zu erreichenden Thierherzen fand ich das der Kröte (Bufo vulgaris) geeigneter, als das des Frosches und fast so wirksam, wie das Schildkrötenherz, noch besser das Säugethierherz (vom Kaninchen), wenn es nach dem Herausnehmen länger schlagend erhalten wurde.

Die vom Krötenherzen zu beschreibenden Versuche gelingen auch am Froschherzen und sowol mit curarisirten, wie mit unvergifteten Muskeln; vom Krötenherzen waren die Wirkungen nur häufiger und der curarisirte Sartorius pflegte kräftiger zu zucken. Von jeder Stelle des Herzens war der Muskel zum Zucken zu bringen, sowol vom Ventrikel, als von den Vorhöfen, auch nach der Trennung dieser von einander; die Wirkung der letzteren war jedoch seltener und schwächer. Der Muskel reagirt am besten bei direkter Berührung, vielfach gelang es aber auch die Wirkung durch unpolarisirbare, auf zwei Punkte des Herzens gesetzte Electroden zu übertragen, indem man die metallischen

Enden der Leitung mit einer 2—4 mm langen Muskelstrecke überbrückte.

Da der direkt angelegte, an einem Ende befestigte, hängende Sartorius durch das schlagende Herz passiv mitbewegt wird, ist die secundäre Zuckung nur durch die Art der Bewegung und durch das Eintreten vor der Formänderung des Herzens zu erkennen. Ueber beides können unter Umständen Zweifel entstehen: die vorangehende Systole der Vorhöfe kann das ganze Herz verschieben oder ausdehnen, wenn sie Blut in den Ventrikel treibt und der Muskel kann zur Zeit der Ventrikelsystole so gehoben werden, daß er sich zu falten oder zu krümmen beginnt, wie er es mit aufliegendem Ende auch thut nach Ablauf einer Zuckung. Ist die secundäre Zuckung kräftig, so entstehen zwar solche Zweifel nicht, schon weil der Muskel nicht selten emporschnellt und sich ganz vom Herzen loslöst, oder weil seine Verdickung und Verkürzung von anderen Bewegungen unmittelbar zu unterscheiden sind; dagegen werden schwächere Zuckungen leicht übersehen. Ein brauchbares Verfahren, diese Zuckungen zu erkennen, bestand darin, das Herz auf eine horizontal vorstehende Papierzunge zu legen, deren Spitze sich nach abwärts bog, wenn der Ventrikel sich im Schlage verdickte und gegen den darüber fixirten M. sartorius stemmte. Am Kymographion schrieb die Papierspitze jede Systole als Curve unter die Abscisse, unmittelbar vor jeder Curve aber eine Erhebung über die Abscisse, falls der Muskel präsystolisch gezuckt und das Herz, an dem sein unteres Ende klebte, sammt dem adhärirenden Papierstreifen emporgehoben hatte. Ein anderes Mittel die secundäre Wirkung gut sichtbar zu machen, bestand in der Erregung tertiärer Zuckung eines Froschschenkels, dessen Nerv in einiger Entfernung vom Herzen schräg über die fascienfreie Fläche des Sartorius gelegt war. Das Verfahren schlug zwar nur bei kräftigeren secundären Zuckungen an, war aber sehr bequem für Versuche am Säugethierherzen im Leben, wo

man den Sartorius tief in den eröffneten Thorax senken muß, und die respiratorischen Bewegungen, das Auf- und Abgehen der Lungen, sowie das Schleudern des Herzens nach Eröffnung des Pericardiums der Beobachtung hinderlich sind.

Obgleich die secundären Zuckungen vom schlagenden Kaninchenherzen während künstlicher Respiration fast maximal scheinen, und etwa so lange anhalten, als der Muskel von der Erwärmung und Befeuchtung nicht leidet, wollte es nicht gelingen die electrische Wirkung durch unpolarisirbare Electroden nach außen zu übertragen. Weder beim Kaninchen noch beim Hunde war mittelst der Leitungsdrähte ein M. sartorius zu erregen, selten sogar ein hoch erregbarer N. ischiadicus, auf welche Stellen des Herzens die Thonspitzen aufgesetzt sein mochten. Ebenso erfolglos war das Anlegen einer Electrode auf die verschiedensten Punkte der Herzoberfläche, während die andere in Gestalt einer langen, mit Ausnahme des amalgamirten Endes, lackirten Zinkstange von der Art. carotis her, nach Forcirung der Aortenklappen in's Innere des Herzens gesteckt war. Wie es scheint sind die Nebenschließungen durch die Brusteingeweide das Hinderniß, gegen das indeß auch das Aufbetten des Herzens auf Kautschukstreifen nicht half.

Die secundäre Wirkung auf einen andern Muskel lehrt, daß die Herzmuskulatur entweder durch besonders kräftige Actionsströme oder durch electrische Vorgänge ausgezeichnet ist, deren zeitlicher Verlauf geeigneter zu direkter Muskelreizung ist, als die des gestreiften Muskelgewebes im Allgemeinen. Man konnte daran denken, daß diese Ströme im Stande seien, eine ganze Reihe physiologischer Effecte auszuüben, die von andern Muskeln niemals erhalten sind, z. B. Erregungen größerer entnervter Muskeln, oder eines andern Herzens, unter Umständen benachbarter Theile desselben Herzens und vielleicht von Sinnesnerven, auch des Menschen. Einen Versuch, der Professor *Kühne* einmal

mit dem Herzen des Hundes[1]), öfter an dem des Huhns geglückt war, nämlich dem am Myographien befestigten curarisirten Froschgastrocnemius die Actionsströme des soeben ausgeschnittenen Herzens durch Knochen und Sehne zuzuleiten und den Muskel zum Zucken zu bringen, habe ich mehrere Male erfolglos wiederholt. Das rasch isolirte Herz wurde in einem Rahmen fixirt, im Innern mit einer bis zur Spitze des linken Ventrikels reichenden, außen mit einer nahe der Atrioventiculargrenze fest angelegten unpolarisirbaren Electrode versehen, während die stürmischen Pulsationen mit Hülfe von zwei Luftkapseln unter dem Muskelschreiber verzeichnet wurden. Der Mißerfolg von 4 so ausgeführten Versuchen war vermuthlich dem Umstande zuzuschreiben, daß trotz aller Eile die Pulsationen schon zu abnorm geworden waren in dem Augenblicke, wo die Ableitung beginnen konnte.

Um solchen Experimenten am isolirten Säugerherzen die Wege zu ebenen, wurde ein neues, von Professor *Kühne* schon mit Erfolg begonnenes Verfahren eingeschlagen, die Schlagfähigkeit länger zu erhalten. Wenn man während künstlicher Respiration alle Verbindungen des Herzens mit dem Thierleibe schließt und nur die mit der Lunge offen erhält, so kann man das Herz an der Trachea mit den Lungen aus der Brust nehmen, seinem Blute Sauerstoff nach Bedarf zuführen und die CO_2 nehmen, während dasselbe so lange in Bewegung bleibt und in sich selbst zurückkehrt, als die Herzschläge dauern. Die Ausführung war folgende: man leitete zuerst künstliche Respiration ein, öffnete den Thorax durch Spalten des Brustbeins, unterband der Reihe nach die Vena

[1]) Ich bewahre eine Zeichnung auf von 26 durch die ersten raschen Pulsationen in nicht ganz 5 Sec. hervorgebrachten secundären Gastrocnemiuszuckungen, von etwa 2 mm Hubhöhe (bei 5 gr. Belastung), zu deren Wiederholung durch Inductionsöffnungsschläge es unmittelbar darauf, unter genau gleich gebliebenen Bedingungen einer Annäherung der Inductionsrollen bedurfte, hinreichend um an der Zunge und selbst am gut befeuchteten Finger deutliche Empfindung zu erzeugen. *W. K.*

cava sup. sin., die Vena cava inf., die Art. aorta, endlich die Vena cava sup. dextr. und hob darauf das ganze Packet mit der Trachea aus dem Thorax. Das Präparat stellt eine Reduction des gesammten Blutkreislaufsapparats dar, in welcher der sog. Lungenkreis ungeschmälert erhalten, das System des Körperkreislaufes auf das der Coronargefäße reducirt ist. Das zwischen beiden Hälften bestehende Mißverhältniß kann für gewisse Zwecke gemildert werden durch Unterbindung von Zweigen der Lungenarterie, oder durch starke Reduction der Lungen, indem man diese stückweise abbindet. Für die vorliegende Aufgabe war davon Umgang zu nehmen, denn das Herz schlug vortrefflich weiter, falls die Blutfülle nur einigermaßen richtig getroffen, nicht zu groß und namentlich nicht zu klein war. Der Moment der letzten Venenunterbindung ist dafür entscheidend, aber es ist vorzuziehen, das Herz sich erst übermäßig füllen zu lassen und später aus einem Lungenarterienaste nach Bedürfniß Blut zu entziehen. Um das Thierstück am Leben zu erhalten wird die Respiration fortgesetzt, Verdunstung durch Schwimmenlassen auf $^1/_2$ procentiger NaCl-Lösung oder Einbringen in eine feuchte Kammer und die Abkühlung durch künstliches Erwärmen verhindert.

Wie lange und in welcher Weise das Herz fortzuschlagen vermöge, wird durch eingehende Untersuchungen noch festzustellen sein; ich habe es zur Erhaltung des Spieles am vortheilhaftesten gefunden, die Respiration nicht zu frequent und ergiebig zu machen, dieselbe von Zeit zu Zeit, 5—10 Min. zu unterbrechen und das Präparat inzwischen aus dem warmen Salzwasser, dessen Temperatur im Mittel 37° C. betrug und von 35—40° C. schwankte, herauszunehmen. Je nach der Vollkommenheit der vorangegangenen Lüftung schlug das Herz weiter, entweder weil der in's Blut gelangte Sauerstoff nur langsam verbraucht wurde, oder weil noch von dem Vorrathe in der Lunge gezehrt wurde.

Man empfängt daneben den Eindruck, als ob die große pleurale Oberfläche der Lunge den Gaswechsel ohne Aufblasen geraume Zeit zu unterhalten vermöchte. Unter noch nicht aufgeklärten Umständen mißlang das Experiment zuweilen derart, daß das Herz nach 7—10 Min. stillstand; in der Regel schlug es kräftig und frequent, 100—150 mal pro Minute, je nach der Temperatur während einer guten Stunde, worauf der Versuch abgebrochen wurde. Wurden die Pulsationen schwächer, so genügte kurze Abkühlung die Schlagfolge zu mäßigen und die Contraktionen zu kräftigen, worauf erneutes Erwärmen wieder zahlreiche und mächtige Schläge hervorrief. Durch Aussetzen der Athmung erlosch erst die Thätigkeit der Ventrikel, während die der Vorhöfe noch sehr frequent blieb; in diesem Stadium kehrte mit der Athmung die frühere energische Thätigkeit der Ventrikel zurück. Mehrere Male gelang es, den Vorgang 2 Stunden und länger zu erhalten.

An den fortschlagenden Kaninchenherzen waren sämmtliche Versuche über secundäre Zuckung vorzüglich und mit aller Muße auszuführen und wenn auch curarisirte Gastrocnemien versagten, so zeigten doch die M. sartorii, deren Endstrecken in richtiger Weise mit der Spitze und Basis des Herzens in leitende Verbindung gesetzt waren, während langer Zeit einen Theil der Herzschläge durch secundäre Zuckungen an, welche mittelst einer auf das andere Ende des Muskelbändchens gelegten N. ischiadicus an einem Froschschenkel durch tertiäre Zuckungen weiter sichtbar gemacht werden konnten.



1882

Beobachtungen zur Anatomie und Physiologie der Retina.

Von

W. Kühne.

1. Netzhaut des Menschen.

Nach einer am 16. November 1880 in Bruchsal vollzogenen Hinrichtung eines 31jährigen gesunden Mannes fand sich Gelegenheit eine Netzhaut frisch zu untersuchen, deren Verwendung zum Sehen bis zum Tode genau festgestellt worden war. Drei Minuten nachdem das Fallbeil den Kopf unterhalb der Medulla oblongata getrennt hatte, waren am Körper keine Reflexe mehr zu erzeugen, auch nicht das Kniephänomen, während sich bei der Enucleation des Auges noch starke Bewegungen der Umgebung störend bemerklich machten. Die Präparation geschah in einem schwach erhellten Raume, hinter einem Schirme von rothem und gelbem Glase. Etwa 10 Min. nach dem Tode war die Retina des linken Auges (das rechte wurde andern Zwecken vorbehalten), nach Ausbohrung der Papille und Entfernung des unter Salzwasser auffallend locker haftenden Glaskörpers, bis zum Aequatorialschnitte vollkommen erhalten, mit der Rückseite nach oben freigelegt. Mit Ausnahme der Macula lutea und deren nächster Umgebung erschien die Stäbchenfläche gleichmäßig hellrosa, etwas heller als bei Dunkelaugen, indeß intensiv genug, um im unteren, äußeren Theile ein scharfbegrenztes Optogramm erkennen und vor mehreren Collegen demonstriren zu können. Die Form des Bildchens war diese bei 2 und 3—4 mm Seitenlänge; da der Stäbchenbesatz sich innerhalb der farblosen Fläche überall erhalten zeigte, so handelte es sich um kein Pseudooptogramm. An dem trüben Herbstmorgen blieb das Bild etwa 5 Min. sichtbar.

Die mikroskopische Untersuchung der gegen ein Deckglas mit der Rückfläche ohne Druck angelegten Netzhaut ergab an einigen Stellen Besatz durch kleine Gruppen von Pigmentepithelien, und das Anhaften einer solchen, schon makroskopisch erkannten Zellgruppe grade hinter der fovea centralis. Es hatte dies besonderes Interesse, weil man sehen konnte, daß jeder der an diesem Orte bekanntlich besonders kleinen Epithelzellen groß genug war, um eine beträchtliche Anzahl von Zapfenaußengliedern zu um-

fassen und weil man die Köpfe der schmalen Außenglieder nach hinten, durch den in diesen Epithelzellen recht dunklen und dichten Fuscinbrei ragend das Licht ungestört durchlassen sah. Im Uebrigen bot die Netzhaut das oft geschilderte Bild der eleganten Stäbchen-Zapfenmosaïk dar, an welchem mir nur der ausgeprägte Glanz der Zapfeninnenglieder auffiel. Die Retina wurde nach dieser Beobachtung sofort in $^1/_2$ pCt. NaCl und $^1/_2$ pCt. OsO_4 conservirt, ebenso der entleerte Bulbus zur Untersuchung des Epithels. Die ora serrata retinae erschien bis vorn hin, wo ihr viel Fuscin anhaftete, rosa. Der Augengrund war hell nußbraun, in der Gegend der Macula lutea tiefer gefärbt, an der Stelle der fovea, wol wegen des Epithelverlustes etwas heller. (Der Delinquent hatte dunkelblondes Haar, bei grünbläulicher Irisfarbe.) Von den gehärteten Präparaten ist nur zu berichten, daß sie *M. Schultze*'s Faserkörbe mit höchster Evidenz zeigten und daß an den Zapfeninnengliedern häufig tiefe, der Faserung entsprechende Zerklüftungen vorkamen. Ferner fielen in ziemlich regelmäßigen Abständen zwischen den gewöhnlichen Formen zerstreute Zapfen auf, mit dunkler braun gewordenen Außengliedern, deren hinteres Ende zu einem Haufen zarter Körnchen zerging. Die bauchigen Innenglieder dieser Zapfen schienen von den übrigen nicht verschieden. Die Pigmentepithelien waren ohne Ausnahme mit einer ziemlich hohen fuscinfreien Kuppe versehen, überzogen von der durch doppelte Contouren kenntlichen, von *Kuhnt* entdeckten membranösen Kappe. Dicht unter dem Keratindeckel fand sich in den meisten Zellen eine zierliche Reihe, sehr kleiner, glänzender von der OsO_4 nicht tingirter Körner. Auf die Kuppe folgte nach vorn eine fast doppelt so hohe Lage dichten Fuscins, rückwärts scharf begrenzt, vorn in etwa ebenso lange fuscinführende Bartfäden übergehend.

Das Interesse concentrirte sich in diesem Falle auf die Herkunft des Optogramms und auf die Erhaltung des Sehpurpurs nach dem vorausgegangenen Gebrauche des Auges. Bezüglich des ersteren Punktes ist das Suchen nach dem Objecte trotz eingehender Beachtung aller Umstände und zahlreicher Zeugenaussagen leider vergeblich geblieben. Ueber die Belichtung intra vitam ist zu berichten, daß der Delinquent die Nacht wachend bei dem Lichte einer Stearinkerze zubrachte, von 4—5 Uhr Morgens schlief, bis zur Dämmerung erst bei demselben Lichte und weiter im schwachen Tageslichte bis 8 Uhr las und schrieb. Die Zelle erhielt Licht durch ein hoch angebrachtes, etwa 1 □Meter großes, nach Westen gelegenes Fenster mit freiem Ausblick. Beim Austritte des Delinquenten in's Freie war die Sonne nach Aussage einiger zuverlässiger Beobachter einen Augenblick hervorgetreten und der Himmel während 7 Min. bis zum Anlegen der Augenbinde und der gleich darauf erfolgten Execution etwas heller geworden; doch soll der Delinquent den Blick wenig erhoben haben.

Der Befund an der Retina beweist, daß die Stäbchenfarbe des Menschen durch stundenlangen Gebrauch des Auges bei mäßigem, aber ausreichendem Lichte nur unerheblich abnimmt.

2. Notiz über die Augen einiger Nachtthiere.

a) **Caprimulgus europæus.** Die im Verhältniß zum Köpfe sehr großen, zur Seite gerichteten Augen der Nachtschwalbe haben die trichterförmige Gestalt des Eulenauges, mit breitem Knochenringe im verengten Theile der Sclera; sie sind nur hinten weniger platt. Von einem lebend erhaltenen, sehr munteren Caprimulgus, der 24 Stunden im Dunkeln verwahrt worden, wurden die Retinae vor Natronlicht präparirt. Nur an einem Auge löste sich die Netzhaut gut ab, vom andern kam sie in Fetzen und größtentheils von Pigmentepithel bedeckt heraus. Zu meinem Erstaunen war an der mit allen Stäbchen und Zapfen besetzt gebliebenen Membran keine Spur von Sehpurpur zu sehen, makroskopisch überhaupt keinerlei Färbung. Dennoch fanden sich größere Theile nach hinten zunächst nur von feinen cylindrischen Stäbchenaußengliedern dicht überzogen, halb so dick nur, wie bei der Eule und etwa um 2/3 kürzer. Erst in der Tiefe nach vorn tauchten zwischen diesen, bis zur scheinbaren gegenseitigen Abplattung zusammentretenden Cylindern an den stärkeren Innengliedern kenntliche Zapfen in mäßiger Zahl auf. An andern Stellen der Retina waren mehr Zapfen zu finden, darunter viele Doppelzapfen. Die Mehrzahl der Zapfen ist an der Grenze von Innen- und Außenglied mit farblosen oder nahezu farblosen, glänzenden Kugeln versehen, die nur je einem Gliede der Zwillingszapfen fehlen. Außerdem kommen sehr vereinzelt, jedoch in etwas größerer Anzahl als bei den Eulen, besonders kleine rothe, orangefarbene und gelbliche Zapfenkugeln vor.

Die Stäbchen sind genau cylindrisch, sowol das Innen-, wie das Außenglied; an der äußeren Grenze des ersteren befindet sich ein größerer, stärker lichtbrechender, fast cylindrischer Körper, an dessen vorderer Fläche eine viel kleinere, fast kugelige, bedeutend stärker brechende Linse liegt. Abweichend von allen mir sonst bekannten Zapfen fand ich die in den stäbchenreichsten Stellen der Netzhaut auftretenden. Das bauchige, mit Fettkugel und vorgelegtem Paraboloïd versehene Innenglied ist länger als das der nebenliegenden Stäbchen, so daß es dieses nach hinten erheblich überragt und das conische Außenglied ist seinerseits lang genug, um mit den abgestutzten Enden der Stäbchen in's gleiche Niveau zu fallen. Hierauf beruhte, die anfängliche Schwierigkeit, die Zapfen unter zahlreichen Stäbchen von der Rückfläche aufzufinden. An OsO_4-Präparaten sah ich übrigens auch lange Zapfen mit kürzerem Innengliede und verhältnißmäßig noch längerer, durch das Außenglied gebildeter conischer Spitze.

An der anderen, mit dem Epithel herausbeförderten Netzhaut sah man nahezu sämmtliche Stäbchen und die längeren Zapfen durch den Fuscinbrei hindurchschimmern. Die Epithelzellen zeigten in der fuscinfreien Kuppe eine vordere, durch OsO_4 stahlgrau gefärbte, den Kern einschließende und eine ebenso breite hintere farblos gebliebene Schicht, durch eine scharfe Grenze voneinander geschieden. Myeloïdkörner und Oeltropfen wurden darin nicht gefunden. Die Stäbchenaußenglieder wurden durch OsO_4 stahlgrau, ähnlich die Paraboloïde und die ganze granulirte Schicht der Retina, während die Zapfenaußenglieder garkeine Osmiumfärbung annahmen.

b) **Myoxus glis**, ebenfalls als Nachtthier bekannt, hat ähnlich vorspringende dunkle Augen, wie die Ratte, mit großer, jedoch nicht so kugliger Linse. Die Retina des dunkel gehaltenen Thieres ist intensiver purpurn gefärbt, selbst als die der Ratte; die Stäbchen sind so dünn, wie die des Kaninchens, aber wenigstens 3mal so lang. Zapfen waren weder in der frischen Stäbchenmosaïk noch im OsO_4 Präparat zu entdecken.

c) **Vespertilio serotinus.** Auch dieser Fledermaus fehlt der Sehpurpur.



INHALTSVERZEICHNISS DES VIERTEN BANDES..

Seite

Ueber den Modus der Nervenverbreitung im electrischen Organ von Torpedo und die Bedeutung desselben für die Physiologie der Entladung des Organs von Dr. August Ewald 1
Erklärung zu Taf. 1 u. 2 32
Untersuchung der Fleischextracte verschiedener Fische und Wirbellosen von Dr. C. Fr. W. Krukenberg . . . 33
Nachtrag 61
Ueber electrische Vorgänge im Sehorgane mit Taf. 3 u. 4 von W. Kühne und J. Steiner 64
Vorrichtungen und Beobachtungsweise . 67
I. Untersuchungen am Froschauge . . . 69
A. Stromschwankungen an der isolirten Retina 69
a. Gesetz der constanten Spannungsänderung 75
b. Verhältniss der photoelectrischen Schwankungen zu den Belichtungsmomenten 78
c. Schwankungen bei schwacher und beschränkter Beleuchtung 81
d. Dauer der Erregbarkeit isolirter Netzhäute 85
B. Electrische Vorgänge am ganzen Auge 90
C. Bulbus und Retina 101
II. Das Auge der Fische 109
III. Stromesschwankungen am Sehnerven 125
IV. Leitapparat und Sinnesepithel . . 139
V. Verschiedenheiten der photoelectrischen Schwankungen unter den Wirbelthieren 155
VI. Von der Ursache der photoelectrischen Schwankungen 161
Erklärung zu Taf. 3 u. 4 168

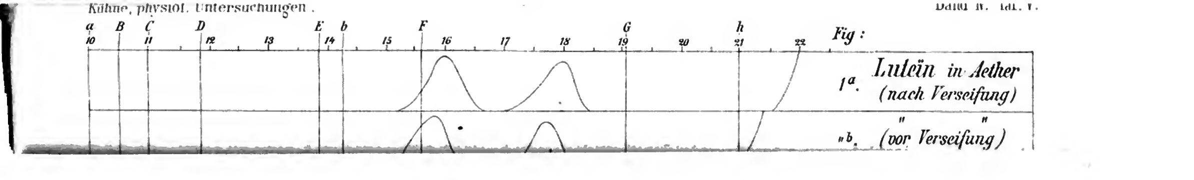
Seite

Beiträge zur Optochemie mit Taf. 5
von W. Kühne 169
I. Die Präexistenz der Chromophane . . 169
1. Widerlegung der von Wälchli vorgebrachten Einwände 170
a. Die Fettfarbstoffe werden durch Sieden mit alkoholischer Natronlauge nicht verändert 179
b. Die Fettfarbstoffe werden durch Alkohol, Aether, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff nicht verändert 181
c. Die Zapfenpigmente der Hühnerretina werden durch Alkohol und Aether nicht verändert 182
d. Die Zapfenpigmente werden durch Auflösen in fetten Oelen nicht verändert 185
e. Die Zapfenpräparate werden durch Sieden mit alkoholischer Natronlauge nicht verändert 187
f. Die Zapfenpigmente werden durch keine bisher angewendeten Isolirungsmethoden zersetzt 189
2. Widerlegung der Lehre von der Identität der Fettpigmente 190
II. Neuere Mittel zur Untersuchung der Chromophane 208
1. Zurichtung des Materials 209
2. Darstellung der Chromophane 210
3. Verhalten der Chromophane 212
4. Bemerkungen über die Zersetzlichkeit und Lichtempfindlichkeit der Fettpigmente und Chromophane 214
5. Zur Spectroskopie der Chromophane . 218
III. Die Chromophane in den Zapfenkugeln 221
1. Mikrospectroskopische Untersuchung 223
a. Zurichtung des Objectes. Verdünnung der Zapfenkugeln 224
b. Bemerkungen zur Mikrospectroskopie 227

Seite

c. Das Spectrum des Zeiss'schen Apparats 233
d. Spectroskopie der Zapfenkugeln . . 238
Spectra unveränderter Zapfenkugeln 240
Spectra gepresster oder mit Oel verdünnter Zapfenkugeln 243
Zusatz zu den Beiträge zur Optochemie von W. Kühne 249
(Ueber Fettpigmente, Bilirubin und Hämatoïdin).
Ueber die Verbreitung des Guanin, besonders über sein Vorkommen in der Haut von Amphibien, Reptilien und von Petromyzon fluviatilis von Dr. A. Ewald und Dr. C. Fr. W. Krukenberg . . . 253
Nachtrag 264
Ueber chemische Reizungen von Curt Jani mitget. von W. Kühne 266
Verhalten motorischer Nerven zu den die Muskeln erregenden Gasen 269
Chemische Reizversuche an der Froschhaut 271
Chemische Reizung des enthäuteten Beins 272
Ueber secundäre Wirkung vom Herzen auf Muskeln von Dr. R. J. Anderson . . 274
Beobachtungen zur Anatomie und Physiologie der Retina von W. Kühne . . . 280
1. Netzhaut des Menschen 280
2. Notiz über die Augen einiger Nachttiere 282

———————)*(———————


a B C D E b F G h
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
Fig:
1a. Luteïn in Aether (nach Verseifung)
" b. " (vor Verseifung) "


U.C. BERKELEY LIBRARIES
C025435209

